

ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет»

Институт механизации и технического сервиса

Кафедра эксплуатации и ремонта машин

Направление подготовки –35.04.06 «Агроинженерия»

Магистерская программа – «Технический сервис в сельском хозяйстве»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

**ТЕМА: Разработка и обоснование способа восстановления
деталей ходовой части трактора**

Студент магистратуры _____  Максяков Д.А.

Научный руководитель, к. т. н., доцент _____  Матяшин А.В.

Обсуждена на заседании кафедры и допущена к защите

(протокол № 8 от 04 февраля 2022 г.)

Зав. кафедрой _ профессор _____  Адигамов Н.Р.

ученое звание

подпись

Ф.И.О.

Казань-2022

Отзыв

на магистерскую диссертацию

на тему: «Разработка и обоснование способа восстановления деталей ходовой части трактора», выполненную студентом Максяковым Д.А..

Актуальность темы магистерской диссертации Максякова Д.А. - увеличение ресурса гусеничных пальцев самоходных машин путем разработки и обоснования способа восстановления деталей ходовой части трактора.

За время работы над диссертацией магистрант умело использовал знания, полученные в университете. К своей работе над магистерской диссертацией Максяков Д.А. приступил своевременно, и добросовестно работал согласно разработанному графику. Необходимо отметить, что магистрант довольно грамотно решал сложные технические задачи, возникающие перед ним во время выполнения магистерской диссертацией. В период работы были проведены производственные исследования вопроса и реализованы на предприятии. Максяков Д.А. изучил необходимую научно-техническую и специальную литературу по теме своей работы. Это позволило ему технически грамотно написать магистерскую диссертацию в соответствии с требованиями ЕСНД и ЕСТД.

Считаю, что магистерская диссертация Максякова Дмитрия Анатольевича представляет собой самостоятельную и логически завершённую выпускную квалификационную работу, соответствует предъявленным требованиям, а его автор заслуживает присвоения ему степени магистра по направлению 35.04.06-«Агроинженерия»

Научный руководитель

к.т.н., доцент каф. ЭиРМ



Матяшин А.В.

С отзывом ознакомлен



Максяков Д.А.

РЕЦЕНЗИЯ

на выпускную квалификационную работу

Выпускника Максимова Ф.А.

Направление ЭС.01.06. «Агротехсервис»

Направленность «Технический сервис в с/х»

Тема ВКР Разработка и обоснование способа
восстановления деталей каретки гаси
Франгора

Объем ВКР: текстовые документы содержат: 100 страниц, в т.ч. пояснительная записка 100 стр.; включает: таблиц 7, рисунков и графиков 22, фотографий — штук, список использованной литературы состоит из 32 наименований.

1. Актуальность темы, ее соответствие содержанию ВКР Тема ВКР актуальна и соответствует содержанию работ

2. Глубина, полнота и обоснованность решения поставленных задач Решение поставленных задач выполнено обоснованно.

3. Качество оформления ВКР соответствует предъявляемым требованиям

4. Положительные стороны ВКР (новизна разработки, применение информационных технологий, практическая значимость и т.д.)

Фактическая значимость работ проявляется в возможности применения восстановительных работ в условиях ремонтных мастерских.

5. Компетентностная оценка ВКР

Компетенция	Оценка компетенции*
УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	отл
УК-2. Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	отл
УК-3. Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывать командную стратегию для достижения поставленной цели	отл
УК-4. Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	хор
УК-5. Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия	хор
УК-6. Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	отл
ОПК-1. Способен анализировать современные проблемы науки и производства, решать задачи развития области профессиональной деятельности и (или) организации	отл
ОПК-2. Способен передавать профессиональные знания с использованием современных педагогических методик	отл
ОПК-3. Способен использовать знания методов решения задач при разработке новых технологий в профессиональной деятельности	отл
ОПК-4. Способен проводить научные исследования, анализировать результаты и готовить отчетные документы	отл
ОПК-5. Способен осуществлять технико-экономическое обоснование проектов в профессиональной деятельности	отл
ОПК-6. Способен управлять коллективами и организовывать процессы производства	отл
ПК-1. Способен обеспечить эффективное использование, модернизацию и надежную работу сложных технических систем на предприятиях АПК	отл
ПК-2. Способен выбрать и использовать технологии и технические средства технического обслуживания, хранения, ремонта машин и оборудования, восстановления и утилизации изношенных изделий	отл
ПК-3. Способен разрабатывать и применять мероприятия по повышению эффективности и качества технического сервиса в АПК	отл
ПК - 4. Способность проводить научные исследования при разработке новых технологии и технических средств технического обслуживания, хранения, ремонта и восстановления деталей сельскохозяйственной техники, машин и оборудования для производства, хранения и транспортирования продукции растениеводства и животноводства, а также технических средств перерабатывающих производств	отл
Средняя компетентностная оценка ВКР	отлично

* Уровни оценки компетенции:

«Отлично» – студент освоил данную компетенцию на высоком уровне. Он может применять (использовать) её в нестандартных производственных ситуациях и ситуациях повышенной сложности. Обладает отличными знаниями и умениями по всем аспектам данной компетенции. Владеет полными навыками применения данной компетенции в производственных и (или) учебных целях.

«Хорошо» – студент полностью освоил компетенцию, эффективно применяет её при решении большинства стандартных производственных и (или) учебных задач, а также в некоторых нестандартных ситуациях. Обладает хорошими знаниями и умениями по большинству аспектов данной компетенции.

«Удовлетворительно» – студент не полностью освоил компетенцию. Он достаточно эффективно применяет освоенные знания при решении стандартных производственных и (или) учебных задач. Обладает хорошими знаниями по многим важным аспектам данной компетенции.

«Неудовлетворительно» – студент не освоил или находится в процессе освоения данной компетенции. Он не способен применять знания, умение и владение компетенцией как в практической работе, так и в учебных целях.

6. Замечания по ВКР _____

1. § В ВКР целесообразно было шире представить
наглядный обзор устройств по данной теме.

2. Во 2^й главе. целесообразно было процесс иденти-
фикации проиллюстрировать дополнительными
схемами (рисунками).

3. В П.5.1. целесообразно было представить исходные данные
для выполнения расчёта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рецензируемая выпускная квалификационная работа отвечает (~~не отвечает~~)
предъявляемым требованиям и заслуживает оценки отлично, а ее автор
Максиков Д.А. достойн (~~не достоин~~) присвоения
квалификации «магистр»

Рецензент:

К.Н. Раденко канд. МОН
учёная степень, учёное звание

[подпись]
подпись

Муатов М.А.
Ф.И.О

« 4 » 02 2022г.

С рецензией ознакомлен*

[подпись]
подпись

Максиков Д.А.
Ф.И.О

« 4 » 02 2022г.

*Ознакомление обучающегося с рецензией обеспечивается не позднее чем за 5 календарных дней до дня защиты выпускной квалификационной работы.

АННОТАЦИЯ

к выпускной квалификационной работе Максякова Дмитрия Анатольевича на тему: «Разработка и обоснование способа восстановления деталей ходовой части трактора».

Магистерская диссертация содержит 100 страниц машинописного текста, и включает 22 рисунков, 7 таблиц, 32 библиографических источников.

В первой главе рассмотрены различные виды износа, причины износа и основные способы восстановления деталей.

Во второй главе рассмотрены теоретические исследования при восстановлении деталей.

В третьей главе представлена программа и методика экспериментальных исследований. Изложена методика восстановления и упрочнения гусеничного пальца.

Четвертая глава посвящена результатам экспериментальных исследований.

В пятой главе приведены результаты экономической целесообразности метода восстановления гусеничного пальца.

Работа заканчивается общими выводами и рекомендациями.

ANNOTATION

to the final qualifying work of Maksyakov Dmitry Anatolyevich on the topic: "Restoration of caterpillar fingers by surfacing a layer of metal" The master's thesis contains 100 pages of typewritten text, and includes 22 drawings, 7 tables, 32 bibliographic sources.

The first chapter discusses various types of wear, causes of wear and the main types of wear of the chassis of tracked vehicles, such as abrasive, mechanical, oxidative.

The second chapter discusses the existing methods of surfacing, their essence and their technology.

The third chapter presents the program and methodology of experimental research. The method of restoration and hardening of the caterpillar finger is described.

The fourth chapter is devoted to the results of experimental studies.

The fifth chapter presents the results of the economic feasibility of the caterpillar finger restoration method.

The work ends with general conclusions and recommendations.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 . СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ РЕМОНТА.....	9
1.1 Виды износа.....	9
1.2 Возможные способы восстановления деталей	17
1.3 Дефектация деталей	24
2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ	32
2.1 Обзор различных способов наплавки.....	32
2.2 Способы наплавки.....	33
2.3 Физико-химические свойства поверхностного слоя металла при наплавке.....	41
2.4 Особенности наплавки расщепленным электродом.....	49
2.5 Теоретические основы цементации	51
2.6 Теоретические основы обработки на токарном станке.....	57
3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	59
3.1 Программа исследований.....	59
3.2 Выбор объекта исследования.....	59
3.3 Устройство ходовой части трактора.....	60
3.4 Обработка экспериментальных данных и оценка точности измерений.....	66
3.5 Определение необходимого числа экспериментов	69
3.6 Методика определения размеров и твердости гусеничных пальцев.....	70
3.7 Методика определения величины износа гусеничных пальцев..	74
3.8 Методика восстановления пальцев.....	76
4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	83
4.1 Определения размеров и твердости гусеничных пальцев.....	83

4.2	Определение	величины	износа	отработанных	пальцев	84
4.3	Определение	параметров	наплавки			86
4.4	Определение	режимов	обработка	поверхности		87
4.5	Определение	твердости	восстановленных	пальцев		89
5.	ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГУСЕНИЧНЫХ ПАЛЬЦЕВ					92
5.1.	Экономическая эффективность способа упрочнения					92
	ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ					97
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ					98

Введение

Резкое сокращение льготных кредитов и государственных закупок привели к уменьшению материальных средств для покупки новой сельхозтехники производителями сельхозпродукции. В результате этого неуклонно уменьшается количество техники в парке машин, при этом нагрузка на сельхозтехнику увеличивается, поэтому увеличивается износ деталей и появляется необходимость их замены.

Восстановление деталей - технически обоснованное и экономически оправданное мероприятие. При этом восстановление деталей позволяет уменьшить время простоя техники, повышается качество ремонта и технического обслуживания, в результате этого повышаются показатели надежности и качество использования машин.

При восстановлении деталей снижается себестоимость ремонта как агрегатов, так и машин за счет уменьшения расходов на новые запасные части, а также сокращаются производственные затраты при их эксплуатации. Большую часть в себестоимости капитального ремонта машин составляет стоимость запасных частей, которая составляет по стране около 40 ... 70 %.

Наплавка - нанесение с помощью сварки слоя металла на поверхность изделия. При восстановлении, ремонте наплавку выполняют примерно тем же металлом, из которого изготовлено изделие, однако такое решение не всегда целесообразно. Иногда при изготовлении новых деталей (и даже при ремонте) целесообразней на поверхности получить металл, отличающийся от металла детали. Действительно, в ряде случаев условия эксплуатации поверхностных слоев значительно отличаются от условий эксплуатации всего остального материала изделия. Так, например, если деталь (изделие) должна определять общую прочность, которая зависит от свойств металла и его сечения, то поверхностные слои часто дополнительно должны работать на абразивный или абразивно-ударный износ (направляющие станин, зубья ковшей

землеройных орудий, желоба валков канатно-подъемных устройств и др.). Условия работы могут усложняться повышенной температурой, эрозионно-коррозионным воздействием окружающей среды (морской воды, различных реагентов в химических производствах и др.). В качестве примера можно указать клапаны двигателей, уплотнительные поверхности задвижек, поверхности валков горячей прокатки и т.п.

Важнейшие требования, предъявляемые к наплавке, заключаются в следующем:

- минимальное проплавление основного металла;
- минимальное перемешивание наплавленного слоя с основным металлом; »
- минимальное значение остаточных напряжений и деформаций металла в зоне наплавки;
- занижение до приемлемых значений припусков на последующую обработку деталей.

Цель работы: увеличение ресурса гусеничных пальцев самоходных машин путем разработки и обоснования способа восстановления деталей ходовой части трактора.

Изучение данных микрометража деталей ремонтируемых машин показывает, что во многих случаях доля пригодных деталей для эксплуатации, составляет 20 ... 45 %, восстанавливаемые детали - 40 ... 60 % и негодные - 9 ... 20 %. Процентное количество восстанавливаемых деталей, в наше время, составляет не более 15% ремонтного фонда.

Объект исследований: технологический процесс восстановления гусеничных пальцев самоходных машин .

Предмет исследований: закономерности рабочего процесса восстановления пальцев гусениц, экономическая целесообразность способа.

Теоретическая и практическая значимость работы: обоснование способа восстановления и упрочнения восстанавливаемой детали, экономическое обоснование технологического процесса восстановления.

Научные положения выносимые на защиту: Основные положения диссертации были представлены на научных конференциях Казанского государственного аграрного университета (Казань, 2019-2021 гг.). Основное содержание диссертации, результаты исследований отражены в трех статьях в материалах международной конференции. Работа выполнена на кафедре «Эксплуатация и ремонт машин» ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет».

ГЛАВА 1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ РЕМОНТА

1.1 Виды износа

Износывание это процесс постепенного изменения размеров деталей вследствие работы трения проявляющийся в отделении с поверхностей трения материала и или его остаточной деформации. Износывание деталей машины сопровождается сложными физикохимическими явлениями и многообразием влияющих на него факторов. Износывание зависит от материала и качества трущихся поверхностей от характера и скорости их взаимного перемещения от характера контакта вида и значения нагрузки вида трения и многих других факторов.



Рисунок 1.1-Классификация видов износа

В условиях всех видов трения происходит разрушение трущихся поверхностей, т. е. иначе говоря, поверхности изнашиваются. Износывание — это процесс постепенного изменения размеров деталей вследствие

работы трения, проявляющийся в отделении с поверхностей трения материала и (или) его остаточной деформации.

Износ — результат изнашивания деталей, т. е. результат работы трения. Изнашивание деталей машин сопровождается сложными физико-химическими явлениями и многообразием влияющих на него факторов. Изнашивание зависит от материала и качества трущихся поверхностей, от характера и скорости их взаимного перемещения, от характера контакта, вида и значения нагрузки, вида трения и многих других факторов. В соответствии с ГОСТ 16439—70 установлены три группы изнашивания в машинах: механическое, молекулярно-механическое и коррозионно-механическое [4]. Каждая группа изнашивания делится на несколько видов. Механическое изнашивание разделяют на абразивное, гидроабразивное, газоабразивное, эрозионное, усталостное и кавитационное.

Газоабразивное изнашивание вызывается воздействием твердых частиц, увлекаемых потоком воздуха или газа. Самые эффективные способы борьбы с абразивным износом — повышение твердости и улучшение качества обработки трущихся поверхностей, тщательная герметизация всех уплотнительных устройств при ремонте, а также очистка топлива и смазки от механических примесей в процессе эксплуатации и поддержание в исправном состоянии уплотнительных (сальники, уплотнительные прокладки, чеши и т. п.) и очистительных устройств (топливные и масляные фильтры, воздухоочиститель).

Эрозионное изнашивание деталей происходит в результате трения потока жидкости о металл. Эрозионное изнашивание в большинстве случаев проявляется совместно с гидроабразивным изнашиванием. Поток жидкости разрушает постоянно образующуюся окисную пленку металла, а абразивные частицы в потоке способствуют более интенсивному изнашиванию. Усталостное изнашивание возникает под действием больших удельных повторно-переменных нагрузок, превышающих предел текучести металла, в

результате чего образуются микропластические деформации сжатия и упрочнения поверхностных слоев.

Микро и макротрещины по мере [20] работы разрастаются и приводят к усталостному отслаиванию частиц металла. На контактных поверхностях образуются одиночные и групповые осповидные углубления и впадины. Глубина впадин зависит от свойств металла, удельных давлений и размера контактных поверхностей. После заметного появления усталостного износа быстро наступает аварийное состояние. Усталостному изнашиванию преимущественно подвержены поверхности трения-качения подшипников и зубья в шестерен. Нарушение межосевого расстояния и соосности вызывает повышенные удельные давления и повышенный усталостный износ деталей.

Меры борьбы с усталостным изнашиванием — правильный монтаж подшипников и зубчатых передач. Кавитационное изнашивание деталей объясняется появлением на поверхности металла гидравлических микроударов, образующихся при относительном перемещении жидкости и твердых тел. Этому виду изнашивания подвержены поверхности цилиндров и водных рубашек современных двигателей, охлаждаемых турбулентным потоком жидкости, лопасти водных насосов и другие детали. Молекулярно-механическое изнашивание вызывается одновременным воздействием механических и молекулярных или атомарных сил. В результате сближения поверхностей в месте контакта происходит глубинное вырывание материала, поэтому его называют изнашиванием при заедании. Этот вид изнашивания разделяют на изнашивание сближением первого и второго рода.

Изнашивание сближением первого рода возникает при трении поверхностей с малыми шерошкатыми (10 мк), отсутствии смазки и при больших нагрузках в месте контакта поверхностей. Под действием большой нагрузки между отдельными выступами трущихся поверхностей возникают металлические связи и упрочнение в месте сближения. При перемещении происходит вырывание стружки из менее твердой поверхности или

характерные ее упроченным участием. Изношивание схватыванием первого рода сопровождается наиболее высоким коэффициентом трения, выделением большого количества тепла и наибольшей интенсивностью изношивания. Изношивание схватыванием второго рода наблюдается при трении скольжения с большими скоростями, недостаточной смазке и со значительными удельными нагрузками. Оно также характеризуется интенсивным повышением температуры в поверхностных слоях и увеличением их пластичности. Эффективные меры, снижающие появление износа схватыванием — достижение высокого класса шероховатости и правильной геометрической формы при обработке поверхностей, получение защитных окисных пленок, улучшение условий смазки, соблюдение (в начальный период работы после изготовления или ремонта) режимов работы, а также недопущение перегрузок в процессе всего периода эксплуатации. Коррозионно-механическое изношивание происходит при трении поверхностей, непрерывно вступающих в химическое взаимодействие с окружающей средой. Это изношивание разделяют на окислительное и изношивание при фреттинг-коррозии.

Окислительное изношивание характеризуется протеканием одновременно двух процессов — пластической деформации малых объемов металла поверхностных слоев и проникновения кислорода воздуха в деформированные слои. В первой стадии окислительного изношивания происходит разрушение и удаление мельчайших твердых частиц металла из непрерывно образующимся (от проникновения кислорода) пленок. Вторая стадия характерна образованием и выкрашиванием пластически не деформирующихся хрупких окислов.

Окислительное изношивание возникает при трении скольжения и трении качения. При трении скольжения оно становится ведущим, а при трении качения — сопутствующим другим видам изношивания. Проявляется этот вид изношивания при сравнительно не высоких скоростях скольжения и не больших удельных нагрузках, а также на таких деталях, как

шейки коленчатых валов, цилиндры, поршневые пальцы и др. Износивание при фреттинг-коррозии возникает от трения скольжения с очень малыми возвратно-поступательными перемещениями в условиях динамической нагрузки. При ударах и вибрации происходит интенсивное окисление сопрягающихся поверхностей вследствие резкой активизации пластичной деформируемого металла. В результате на рабочих поверхностях в местах контакта появляется резко выраженное разрушение. Износиванию при фреттинг-коррозии подвергаются плоскостные поверхности подшипников качения и шестерен, болтовые и заклепочные соединения рам и другие детали. Наибольшему коррозионно-механическому износиванию подвержены мягкие стали, поэтому эффективным способом уменьшения этого износивания является повышение твердости рабочих поверхностей закалкой, нанесением твердых сплавов, хромированием и др.

В нашем случае более глубоко рассмотрим процесс абразивного износивания.

Абразивное износивание в машинах возникает в результате микропластических деформаций и срезания металла твердыми абразивными частицами, находящимися между поверхностями трения. Абразивные частицы, попавшие из окружающей среды или образовавшиеся при других видах износивания, часто по своей твердости превышают твердость трущихся поверхностей и действуют как режущий инструмент. Поэтому по своей природе и по механизму протекания абразивное износивание очень похоже на явление резаания металлов.

Рассмотрим влияние некоторых факторов

Экспериментально установлено, что если размер частиц не превышает 5 мкм, то они, имея большую развитую поверхность, абсорбируют на себе продукты окисления масла, что может снизить интенсивность износивания детали. Многие исследования показывают, что частицы с размерами менее 5 мкм уменьшают износ частицы, размером более 5 мкм — уже легко впитываются.

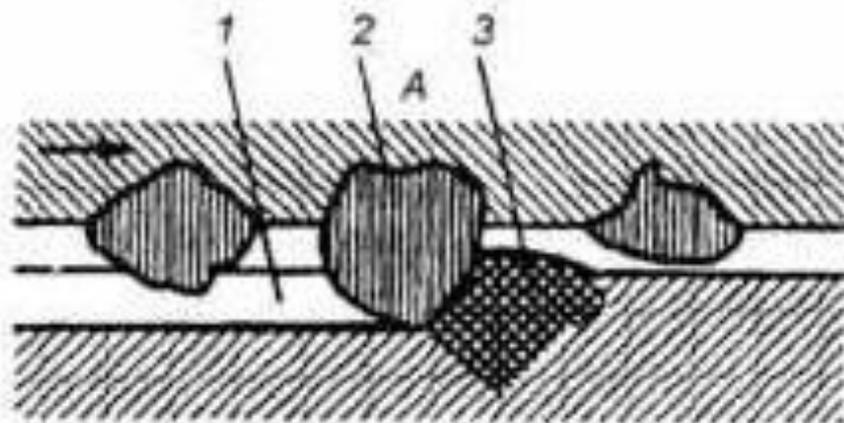
Соотношение твердости материала H_m и абразива H_a характеризуется выражением:

$$H_m/H_a < 0.5 \quad (1.1)$$

При выполнении условия 1.1 возможно прямое разрушение материала. Стойкость абразивному изнашиванию также зависит от состава и структуры поверхностных слоев.

Повышению износостойкости способствуют:

- насыщение поверхностных слоев элементами, образующими высокотвердые соединения карбидов, нитридов, боридов металлов;
- способность более мягких структур удерживать высокотвердые кристаллы в поверхностном слое;
- способность материала упрочняться при деформировании;
- различные виды обработки поверхности (закалка, цементация, азотирование, борирование, обжигывание роликами, гидротролгование, насыщение износостойких материалов, обработка лучом лазера, термомеханические и физико-химические методы и т.д.).



А, Б — детали; 1 — выносы; 2 — зерно; 3 — выступ уплотненного блочного металла

Рис. 1.2 Схема абразивного изнашивания поверхностей соприкасающихся деталей

Абразивному изнашиванию подвержены детали машин, работающие в абразивной среде (модовая часть гусеничных тракторов и дорожно-строительных машин, рабочие органы сельскохозяйственных машин и др.). Гидроабразивное изнашивание вызывается абразивными (твердыми) частицами, перемещающимися потоком жидкостей. Абразивные частицы (рисунок 1.2) попадают в поток жидкости в результате загрязнения при небрежной заправке, плохой фильтрации и очистки. Этому виду изнашивания подвержены детали водяных, масляных и топливных насосов, гидроусилителей, гидроприводов тормозных и других систем.

Таблица 1.1 Относительная износостойкость материалов при различных условиях эксплуатации

Условия эксплуатации	Материал	Относительная износостойкость
Башмак гусеницы	Сталь 20Н Никометтенов материал О3Н 400 I-420 Релик (WC+W2C)	1,0 3,4 5,1 10,4
Зуб колеса экскаватора	Сталь 20Н Никометтенов материал О3Н 400 I-420 Релик	1,0 3,2 4,4 8,7
Гусеничный трактор	Сталь 20Н Никометтенов материал I-420 Сталин Релик	1,0 5,9 4,9 17,5

Процесс разрушения (таблица 1.1) детали при ударном взаимодействии между деталью и абразивом называют ударно-абразивным изнашиванием. Этому разрушению подвергаются детали буровых долот, вальны и рудомельничных агрегатов, породоразрушающий инструмент пневмо и гидроударников, детали гусеничного хода машин и др.

Изнашивание деталей при ударных нагрузках (таблица 1.1) по абразиву имеет ряд особенностей. На этот вид изнашивания оказывает влияние слой абразива, энергия удара, форма и площадь контакта, размер частиц, соотношение твердости материала и абразива.

Процесс разрушения детали при ударном взаимодействии между деталью и абразивом называют ударно-абразивным изнашиванием. Этому

разрушению подвергаются детали буровых долот, кояне и рудомельническ агрегатов, породоразрушающий инструмент пневмо и гидроударников, детали стусенного жода машин и др.

Изнашивание деталей при ударных нагрузках по абразиву имеет ряд особенностей. На этот вид изнашивания оказывает влияние слей абразива, энергия удара, форма и площадь контакта, размер частиц, соотношение твердости материала и абразива.

Выбор материалов для режима ударно-абразивного изнашивания не обходимо основывать на следующих критериях: износостойкость, прочность, пластичность, ударная вязкость.

Изнашивание при ударе определяется различными факторами, такими как ударное воздействие детали, внедрение частиц в металл, упругие и пластические свойства поверхностного слоя, усталостные явления, структурные превращения.

В зависимости от свойств материала разрушение может иметь различную природу: хрупкое разрушение срезом, малоцикловую усталость, вязкое разрушение. Для ударно-абразивного изнашивания характерно образование на поверхности трения лунок в результате локальной пластической деформации металла.

Еще одной разновидностью абразивного изнашивания является гидроабразивное изнашивание. Гидро и газабразивное изнашивание возникает при действии на поверхность деталей потоков жидкости или газа, содержащих абразивные частицы. Абразивные частицы попадают в поток жидкости (газа) в результате загрязнения при небрежной заправке, плохой фильтрации и очистки. Этому виду изнашивания подвержены детали водяных, масляных и топливных насосов, гидродвигателей, гидротрансформаторных тормозных и других систем.

1.2 Возможные спос обы востанов лении деталей

Отдельные детали и механизмы машин в процессе эксплуатации изнашиваются под воздействием сил трения, нагрузок, условий работы и окружающей среды. Особенно большой износ имеют детали, работающие в непосредственном контакте с грунтом. К ним относятся режущие элементы рабочих органов — ножи отвалов бульдозеров, скреперов и автогрейдеров, клыки корчевателей, зубья рыхлителей и экскаваторов, а также детали гусеничного хода — звенья гусениц, опорные и поддерживающие вальцы, звездочки и т. д.

Изнашивание деталей, выполняющих различные функции, происходит неравномерно. По мере увеличения износа нарушается нормальная работа самой машины. С течением времени основные эксплуатационные показатели заметно ухудшаются. Серьезные изменения происходят вследствие изнашивания силовой установки: резко уменьшается мощность двигателя, повышается расход топлива и смазочных материалов, увеличиваются потери на трение в механизмах силовой передачи. Значительны также изменения и в других механизмах. Износ деталей ведет к уменьшению надежности машины в целом — машина работает с перебоями, что снижает коэффициент ее использования в течение смены, месяца, года. Иногда износ отдельных деталей делает невозможной дальнейшую работу машины. В этом случае важно установить предельно допустимые износы в деталях и сборочных единицах, что позволит исключить работу машин на износ.

В каждом механизме всегда есть два типа соединений деталей: неподвижные и подвижные. В новой машине характер каждого сопряжения задается в виде определенной посадки. В подвижных сопряжениях посадка определяет свободу относительного перемещения деталей, а у неподвижных — прочность их взаимного соединения. Подвижные посадки характеризуются величиной зазора, а неподвижные — натягом. Следовательно, причину нарушения работоспособности деталей и

механизмов машины нужно искать в нарушении работоспособности отдельных сопряжений, что вызывается превышением предельно допустимых зазоров в подвижных сопряжениях и нарушением прочности соединения деталей в неподвижных сопряжениях.

Если отдельные детали и механизмы перестают удовлетворять предъявляемым к ним требованиям, то это означает, что в машине появились неисправности, требуется ремонт. Заменяя по мере необходимости изношенные детали новыми или восстановленными, поддерживают работоспособность машины.

Одним из критериев необходимости ремонта сопряженных деталей является их предельный износ, при котором дальнейшая нормальная работа этих сопряжений не возможна.

Эксплуатационные испытания строительных машин позволили найти основные показатели изнашивания деталей — количественную величину износа, скорость и темп изнашивания (отношение величины износа к единице выработки машины). Например, срок службы ножей бульдозеров в грунтах II группы не превышает 500—600 ч, зубьев роторного экскаватора 50—60 ч, а ножей автогрейдеров 200—300 ч.

При любой самой совершенной конструкции и тщательном техническом уходе неизбежен износ машины, который определяется как отношение фактического срока службы или выполненного машинной объема работ к средним или нормативным срокам или объемам работ.

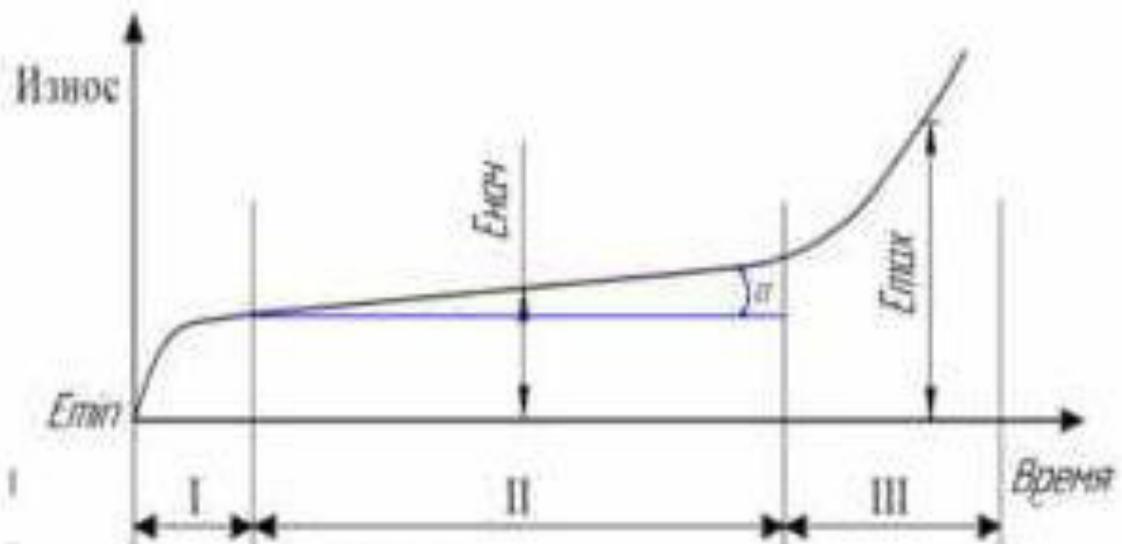


Рисунок 1.3 - Кривая износа подшипного сопряжения

Кривая описывает три характерных периода: начальной приработки (I), нормальной установившейся работы (II) и интенсивного аварийного изнашивания (III). В период приработки происходит интенсивное нарастание износа за сравнительно малый промежуток времени, потому что происходит сглаживание неровностей сопрягаемых поверхностей контактируемой пары трения, совершающей возвратно-поступательное или вращательное движение.

До начала эксплуатации фактическая площадь контакта сопрягаемых деталей не превышает 5-15% номинальной площади контакта из-за волнистости и микрошероховатостей этих поверхностей. К концу периода приработки достигается постоянная для нормальных условий работы площадь контакта и стабильная шероховатость поверхностей трения.

Поскольку в результате приработки пары трения площадь контакта увеличивается, то соответственно уменьшается удельное давление на поверхности, что приводит к снижению скорости изнашивания. Это характерно для второго периода, сопровождающегося приблизительно постоянной скоростью изнашивания. Это период нормальной работы деталей, наибольший по протяженности, в течение которого износ возрастает на сравнительно не большую величину.

Наконец, в третьем периоде изнашивание быстро нарастает, т. к. увеличение зазора в сопряжении приводит к работе механизма с ударами, вызывает пластические деформации материала, сопровождается перегревом детали, появлением шумов и может закончиться аварийным разрушением. Износ в этот период называется предельным, при достижении которого детали следует заменить новыми или восстановленными.

При оценке межремонтного срока службы того или иного узла участка I и III (рисунк 13) не обходимо исключить, т. к. нормальная работа сопряжения начинается в момент окончания приработки и заканчивается при достижении предельно допустимого износа. В таком случае межремонтный срок службы сопряжения может быть выражен зависимостью:

$$J = (E_{\max} - E)tg_a \quad (12)$$

где E_{\max} — предельно допустимый зазор в результате изнашивания;

E_{\min} — величина начального зазора, заданная при конструировании изделия;

tg_a — интенсивность возрастания изнашивания и, следовательно, нарастания зазора, ч.

Степень износа определяют с целью установления стоимости машин на какой-либо определенный момент. Кроме того, износ одних деталей часто влечет за собой повышенный износ сопряженных с ними. При износе возникают дополнительные динамические нагрузки и прочность деталей уменьшается, что повышает вероятность неожиданных поломок и аварий.

Большинство деталей строительных машин подвергается воздействию различных видов изнашивания. Преобладающим является механическое, которое подчиняется определенной закономерности. Изнашивание деталей может быть естественным и форсированным. Естественное изнашивание получается в результате старения машины (в связи с этим происходит изменение физико-механических свойств металла и трения, нарушение

зазоров в сопрягаемых поверхностях деталей), различным тепловым и химическим воздействиям среды. Такое изнашивание имеет закономерный характер.

Модели износных повреждений — рассматривают развитие повреждений в результате постепенного накопления изменений в деталях механизма из-за износа. Процесс изнашивания деталей машин при эксплуатации, в общем случае, имеет три периода (рисунком 1.3). Первый этап — приработка, при которой темп изнашивания повышен в результате истирания начальных неровностей или вследствие перекоса поверхностей сопряженных деталей. Второй этап — установившийся износ, когда происходит естественное изменение форм и размеров деталей в процессе работы машины. Третий — интенсивный износ, характеризуемый режимом нарастанием скорости износа в виду недопустимых изменений в сопряженных деталях. В этот период происходит выход узла. Точка перехода от участка нормальной работы к участку интенсивного износа, определяет допустимое значение износа детали, при котором необходим ремонт узла.

В процессе приработки деталей режим работы машины должен быть значительно облегчен, иначе большое тепловыделение в зонах трения может привести к сплавлению и отрыву частиц металла сопряженных поверхностей. При этом смазка разжижается и обильно загрязняется металлической пылью.

К концу приработки скорость нарастания износа уменьшается, приближаясь к некоторой постоянной величине, и наступает период нормального изнашивания.

На участке I износ продолжается, но интенсивность его при нормальных условиях работы сопряжения незначительна. Отрезок времени t_2 соответствует большей части работы механизма, когда износ нарастает равномерно, почти по прямой линии.

По мере изнашивания деталей зазоры в подвижных сопряжениях увеличиваются, вызывая дополнительные динамические нагрузки

и ухудшение условий смазывания трущихся поверхностей. После достижения некоторой величины износа скорость изнашивания резко увеличивается, и наступает третий период работы сопряженных деталей, характеризующийся резким увеличением износа и недопустимым увеличением зазора в сопряжениях. В этот период изменяются геометрическая форма деталей и условия работы поверхностей трения. При этом жидкостное трение может перейти в пограничные области и вызвать выплавление антифрикционного сплава у подшипников, образование задиров на трущихся поверхностях и т. д., поэтому дальнейшая эксплуатация деталей нежелательна.

Такой износ, при котором эксплуатация детали делается не возможной или недопустимой, называется предельным. Предельный износ деталей — это достижение таких размеров и состояния, при которых нормальная работа сопряженных деталей невозможна, так как может привести к аварии, т. е. деталь выработала ресурс.

Допустимыми называются размеры и другие характеристики детали, при которых деталь может быть использована в машине без ремонта. Их определяют исходя из предельных размеров и износа деталей.

Восстановление изношенных деталей — сложный организационно-технологический процесс, при котором, в отличие от производства новых деталей в качестве заготовки используют изношенную, но уже сформированную деталь. В этом случае затраты на выполнение таких операций, как литье, ковка, штамповка и т. п., отсутствуют. В то же время при восстановлении изношенных деталей появляется ряд дополнительных операций: мойка, разборка, дефектация, комплектация, затраты на которые следует учитывать при выборе способа восстановления.

При выборе способов восстановления деталей обычно исходят из необходимости восстановления геометрических размеров и заданных свойств отдельных поверхностей деталей. При этом стремятся получать

восстановленный слой покрытия с максимальной возможной износостойкостью.

В настоящее время для восстановления изношенных деталей порошковыми сплавами наиболее эффективны методы плазменное, газоплазменное и детонационное напыление, плазменная наплавка.

Эти методы имеют ряд преимуществ: ограниченное тепловое воздействие на обрабатываемую деталь и небольшие деформации; минимальная глубина проплавления позволяет получать физико-механические свойства покрытий, близкие к свойствам наплавочного порошкового материала; возможность нанесения на изношенную поверхность порошков различных составов и получения покрытий с заданными физико-механическими свойствами; экономия материальных и энергетических средств за счет получения покрытий с минимальными припусками на последующую механическую обработку.

Выбор рационального способа восстановления начинается с классификации восстанавливаемых деталей. Цель классификации деталей - возможность разработки технологической документации не на одну деталь, а на технологический процесс восстановления группы деталей.

К конструктивно-технологическим признакам, на основании которых детали объединены в родственные группы, относятся: вид материала, масса и размер детали, вид и величина износа, точность изготовления, общность дефектов и их сочетание, а также способы восстановления.

Существенное влияние на технико-экономические показатели способа восстановления деталей оказывает программа выпуска. При восстановлении деталей небольших программ, присущих малосерийному производству, наиболее выгодно применять универсальные способы напыления: под слоем флюса, порошковой проволокой, вобродутовую, в среде защитных газов, плазменную, которые позволяют в широких пределах регулировать толщину слоя и состав наплавляемого металла.

1.3 Дефектация деталей

В результате трения и изнашивания деталей в конкретных условиях эксплуатации изменяются геометрические параметры, шероховатость рабочих поверхностей и физико-механические свойства поверхностных слоев материала, а также возникают и накапливаются усталостные повреждения.

Под изменением геометрических параметров деталей понимают изменение их размеров, формы и взаимного расположения поверхностей. К нарушениям формы относят: неплоскостность, непрямолинейность, овалность, конусность и т. д., к отклонениям взаимного расположения поверхностей - непараллельность плоскостей и осей вращения поверхностей, торцовое и радиальное биение, несоосность и т. д.

Усталостные повреждения нарушают сплошность материала, способствуют возникновению микро и макротрещин, вращиванию металла рабочих поверхностей и излому деталей.

Изменение физико-механических свойств материала - нарушение структуры материала, а также уменьшение или увеличение твердости, прочности, ферромагнитных материалов и т. д.

Нарушения режимов эксплуатации и правил ТО могут приводить к скватыванию трущихся поверхностей, вроблению деталей, возникновению трещин, облому фланца в креплениях и др.

Степень годности деталей к повторному использованию или восстановлению устанавливают по технологическим картам на дефектацию. В них указаны: краткая техническая характеристика детали (материал, вид термической обработки, твердость, размеры восстановления, отклонение формы и взаимного расположения поверхностей), возможные дефекты и способы их устранения, методы контроля, допустимые без ремонта и предельные размеры. Оценку проводят сравнением

фактических геометрических параметров деталей и других технологических характеристик с допустимыми значениями.

Номинальными считают размеры и другие технические характеристики деталей, соответствующие рабочим чертежам.

Допустимыми (считают размеры и другие технические характеристики детали, при которых она может быть поставлена на станцию без восстановления и будет удовлетворительно работать в течение предусмотренного межремонтного ресурса).

Пределными называют выбраковочные размеры и другие характеристики детали.

Часть деталей с размерами, не превышающими допустимые, могут быть годными в соединении с новыми (запасными частями), восстановленными или с деталями, бывшими в эксплуатации. Поэтому в процессе контроля их сортируют на пять групп и маркируют краской соответствующего цвета: годные (зеленым), годные в соединении с новыми или восстановленными до номинальных размеров деталями (желтым), подлежащие ремонту в данном ремонтном предприятии (белым), подлежащие восстановлению на специализированных ремонтных предприятиях (синим) и негодные - утиль (красным). Годные детали транспортируют в комплектное отделение или на склад, требующие ремонта - на склад деталей, ожидающих ремонта, или непосредственно на участок по их восстановлению, негодные - на склад утиля.

У деталей обычно контролируют только те параметры, которые могут изменяться в процессе эксплуатации машины. Многие из них имеют не сколько дефектов, каждый из которых требует проверки. Для уменьшения трудоемкости дефектации необходимо придерживаться той после довательности контроля, которая указана в технологических картах, где вначале приведены наиболее часто встречающиеся дефекты.

Размеры, форму и взаимное расположение поверхностей деталей обычно измеряют. Многообразию объектов требует применения различных контрольно-измерительных средств и методов измерения.

При дефектации используют следующие методы измерения: абсолютный, когда прибор показывает абсолютное значение измеряемого параметра, и относительный - отклонение измеряемого параметра от установленного размера.

Искомое значение можно отсчитывать непосредственно по прибору (прямой метод) или по результатам измерения другого параметра, связанного с искомым непосредственной зависимостью (косвенный метод). Примером последнего служит применение ротаметров для определения степени годности прецизионных деталей дизельной топливной аппаратуры (втулок, поршней, седел клапанов, корпусов распылителей). Здесь непосредственно измеряется расход воздуха в зазорах между насадкой ротаметра и отверстием прецизионной детали. Чтобы установить размер отверстия, нужно использовать зависимость между зазором и расходом воздуха. По числу измеряемых параметров методы контроля подразделяют на дифференциальные и комплексные. При первом измеряют значение каждого параметра, при втором суммарную погрешность отдельных геометрических размеров изделия.

Если измерительный элемент прибора непосредственно соприкасается с контролируемой поверхностью, то такой метод называют контактным, а если нет - бесконтактным. Наиболее часто применяют следующие средства измерения: калибры, универсальный измерительный инструмент и специализированные приборы.

Калибры - это специализированные измерительные инструменты для контроля отклонений размеров, формы и взаимного расположения поверхностей деталей без определения численного значения измеряемого параметра. Широко распространены предельные калибры, ограничивающие крайние

предельные размеры деталей и распределение их на три группы годные, подлежащие восстановлению и негодные.

Универсальные инструменты и приборы служат для нахождения значения контролируемого параметра в определенном интервале его значений. Обычно применяют следующие измерительные средства: шлицевые инструменты с нониусом (шлицевый штангенциркуль, шлицевый глубиномер, шлицевый рейсмус и шлицевый зубомер), микрометрические (микрометры, микрометрический нутромер и глубиномер), механические приборы (микрометр, индикатор часового типа, рычажная скоба и рычажный микрометр), пневматические приборы давления (манометры) и расхода (ротаметры).

Универсальный измерительный инструмент служит для определения износа резьб (резьбовые микрометры, резьбовые микрометрические нутромеры и др.), а также зубчатых и червячных колес (шагомеры, биениемеры и др.).

Специальные измерительные средства предназначены для контроля конкретных деталей с высокой производительностью и точностью. К ним относят, например, приборы для проверки прямолинейности и скрученности шатунов и радиального биения подшипников качения, оправки для проверки соосности гнезд коренных подшипников блока цилиндров и др.

При выборе средства измерения необходимо учитывать его метрологические характеристики (цена и интервал деления шкалы, точность отсчета, погрешность и пределы измерения), а также точность изготовления измеряемого элемента детали (после допуска). Методы и средства выявления несплошности материала деталей.

Дефекты несплошности материала деталей, бывших в эксплуатации, можно условно разбить на две группы: явные и скрытые. Явные дефекты - это трещины, обломы, пробояны, смятие, коррозия. Их чаще всего обнаруживает внешним осмотром невооруженным глазом, через лупу от 5 до 10-кратного увеличения или ощупыванием. Для обнаружения скрытых

дефектов применяют следующие методы контроля (дефектоскопии): капиллярные, обнаружением подтекающих газа или жидкости, магнитные и акустические.

Для нахождения производственных дефектов, возникающих в процессе изготовления деталей, на крупных ремонтных предприятиях используют радиационный, рентгеновский и др.

Капиллярный метод предназначен для выявления наружной сплошности поверхности слое в детали (трещин), изготовленной из различных материалов (ферромагнитных и неферромагнитных сталей, жаропрочных, титановых, алюминиевых, магниевых сплавов, изделий из стекла, керамики и металлокерамики) служит также для определения производственных дефектов (шлифовочных и термических трещин, волосовин, пор и др.).

Этот метод обладает высокой чувствительностью и простотой технологии контроля. Его сущность состоит в следующем. На очищенную поверхность детали наносят специальную жидкость (пенетрант) и в течение некоторого времени выдерживают, с тем, что она успела проникнуть в полости дефекта, затем с детали удаляют излишки жидкости и просушивают. Жидкость остается только в полости дефекта. Для его выявления на поверхность изделия наносят проявляющий материал, который способствует выводу жидкости из полости (трещины) в результате адсорбции проявляющим веществом либо диффузии в него.

При диффузионном способе на поверхность детали наносят специальное покрытие, в которое диффундирует проникающая жидкость из полости дефекта. Этот способ более чувствителен, чем сорбционный, и его применяют для обнаружения мелких трещин.

Для получения контрастного индивидуального отпечатка дефекта на фоне исследуемой поверхности в состав проникающей жидкости вводят свето- и цветоконтрастные вещества. Если в состав пенетранта входят вещества, способные флуоресцировать при облучении ультрафиолетовым светом, то

такие жидкости называют люминесцентными, а сам метод обнаружения дефектов - люминесцентным методом дефектоскопии. В состав этой жидкости могут входить как естественные, так и искусственно приготовленные вещества, называемые люминофорами. Если в пенетранте содержатся красители, видимые при дневном свете, то такие жидкости называют цветными, а сам метод - цветным методом дефектоскопии.

Капиллярные методы дефектоскопии основаны на способности жидкости втягиваться в мельчайшие сквозные и несквозные каналы (капилляры). При попадании жидкости в капилляр ее свободная поверхность искривляется (образуется мениск), в результате чего возникает дополнительное давление жидкости в капилляре, отличающееся от внешнего давления (воздуха). Значение этого давления зависит от коэффициента поверхностного натяжения и радиуса канала.

Для проникновения жидкости в дефект необходимо, чтобы жидкость хорошо смачивала поверхности, а размеры дефекта (канала) создавали возможность жидкости образовывать мениск.

Технология контроля изделий капиллярными методами состоит из следующих операций: очистки детали от маслянисто-грязевых и других загрязнений, нанесения пенетранта, выявления дефекта и окончательной очистки.

В ремонтном производстве при использовании люминесцентного метода дефектоскопии в качестве пенетрантов применяют жидкости из различного состава. Их наносят с помощью пульверизатора окуном или в раствор или мягкой кистью. После выдержки детали в течение нескольких минут (не более 5 мин) излишки жидкости удаляют, протирая поверхность ветошью, или промывают струей холодной воды под давлением 0,2 МПа с последующей сушкой.

При самопроявляющемся способе деталь можно также погрузить в раствор люминофора в безотпаривающемся органическом растворителе, выдержать некоторое время и вынуть. После испарения растворителя на

краяк остаются кристаллы люминофора, которые ярко светятся при облучении ультрафиолетовыми лучами.

Для проявления дефектов шпорок применяют сорбционный метод. В качестве проявителей используют сухие порошки (железы, мел и др.) и их суспензии в воде или органических растворителях (керосин, бензин и др.), а также быстросохнущие пигментированные или бесцветные растворы красок и лаков, которые наносят на поверхность детали после пропитки пенетрантом.

Так при использовании пенетранта ЛЮМ-А для проявления применяют раствор белой нитрозмали «Экстра» - 30 %, медянского коллодия - 30 и ацетона - 40 %, а при ЛЮМ-Б - бентонита - 0,72...2,21 %, каолина - 6,67...10 и воды - 92...87 %.

Для цветного метода дефектоскопии в качестве пенетрантов служат составы керосин - 300 мл, норсиол А - 200 мл, судан красный 5С - 10 г/л; спирт - 90 %, эмульгатор ОП-7 - 10 % с добавлением родиамина С - 30 г/л.

В качестве проявителей применяют сорбенты в виде суспензии и белые проявляющие лаки.

После проявления дефектов детали очищают от проявителя. Проявители на основе лаков, нитрозмалей и коллодия удаляют раствором 30%-го спирта и 30%-го эмульгатора ОП-7.

Суспензии смывают 1%-м раствором эмульгатора ОП-7 или ОП-10 в воде.

Обнаружение подтеков газа или жидкости необходимо для проверки герметичности пустотелых деталей: блоков цилиндров, головок блоков цилиндров, баков, водяных и масляных радиаторов, камер шин, трубопроводов, шлангов, поплавков карбюраторов и др. Его шпорок применяют для контроля качества сварных швов.

Степень герметичности определяют по утечке газа или жидкости в единицу времени, которую регистрируют с помощью приборов. В большинстве случаев место дефекта определяют визуально.

Методы контроля подразделяют на капиллярные, компрессионные и вакуумные.

Для дефектоскопии деталей, поступающих в ремонт, применяют способы керосиновой пробы (капиллярный метод) гидравлический и пневматический (компрессионный).

Керосин обладает хорошей смачивающей способностью, глубоко проникает в сквозные дефекты диаметром более 0,1 мм. При контроле качества сварных швов на одну из поверхностей изделия наносят керосин, а на противоположную - адсорбирующее покрытие (350...450 г суспензии молотого мела на 1 л воды). Наличие сквозной трещины определяют по желтым пятнам керосина на меловой обмазке.

ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ

2.1 Обзор различных способов наплавки

При длительной эксплуатации машин изнашивание деталей сопровождается снижением эксплуатационных показателей, что в частности вызывает ухудшение качества изготавливаемых изделий и выполняемых работ. Изнашивание рабочих поверхностей деталей нередко требует их полной замены. В ряде случаев изготовление деталей целиком из износостойкой легированной стали неэкономично в связи с трудностью обработки и высокой стоимостью стали. Поэтому, для решения задач повышения эксплуатационных показателей и увеличения срока службы деталей машин используют различные способы поверхностного упрочнения, в частности наплавку, нашедшую широкое применение в производстве разнообразных изделий — от крупногабаритных, таких как валы прокатных станков (металлургия), сосуды высокого давления, до мелких деталей типа седла клапанов двигателей внутреннего сгорания.

Появление технологии наплавки относят к 1896 г., когда Стенсер получил патент на изобретение. Однако промышленное [11] применение началось несколько позже. В частности, в 1922 г. братья Студи впервые осуществили в США наплавку воронок нефтяного бура способом газовой сварки с использованием присадочного материала в виде стальной трубы, заполненной хромовым сплавом. Примерно в это же время была осуществлена наплавка клапанов ДВС с помощью изобретенного Хейнзом сплава — стеллета (кобальтохромовольфрамового сплава). В первое время для наплавки использовали газовую сварку, но впоследствии по мере развития технологии сварки стали использовать и другие способы. Начало автоматической наплавки относится к 1939 г., когда советские специалисты

Миссийлов и Ларионов осуществили наплавку с помощью покрытых электродов прямоугольного сечения.

Наплавка сыграла большую роль в деле увеличения производительности труда, повышения качества продукции и экономии сырья при производстве промышленного оборудования, его эксплуатации и ремонте.

2.2 Способы наплавки

К наиболее известным способам наплавки можно отнести следующие:

Газовая наплавка

Газовая наплавка — один из способов сварки плавлением, протекающей в условиях частичного оплавления основного металла при использовании в качестве источника нагрева высокотемпературного пламени, получаемого при сжигании смеси горючего газа с кислородом.

Горючий газ, используемый при газовой наплавке, должен удовлетворять следующим требованиям:

- высокая температура пламени при сгорании;
- высокая скорость горения;
- высокая теплота сгорания.

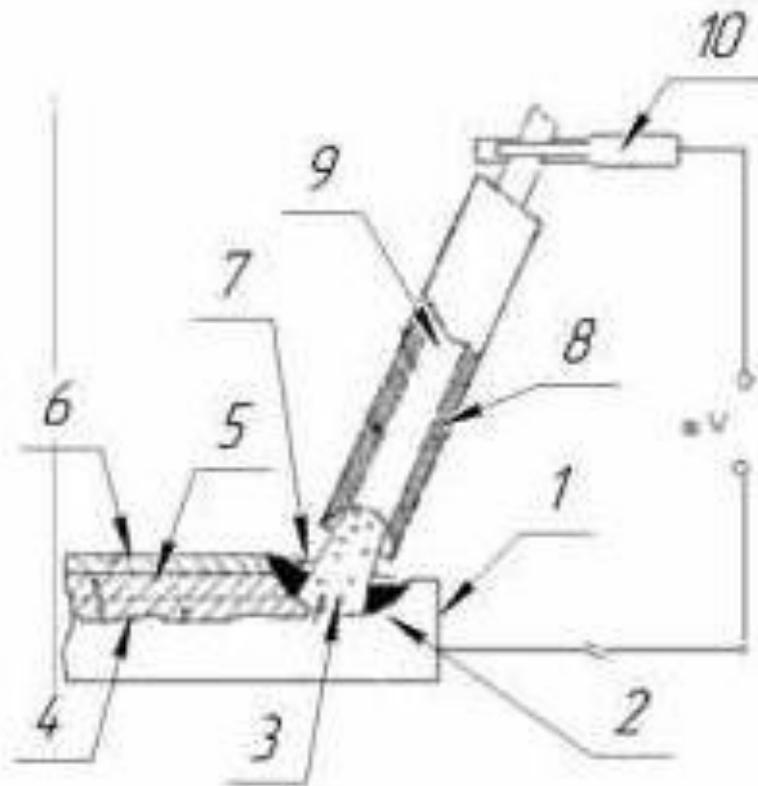
Ацетилено-кислородное пламя, обеспечивающее нагрев до высоких температур, наиболее приемлемо для газовой наплавки, поэтому само понятие газовой сварки обычно ассоциируется именно со сваркой этим пламенем. При наплавке, в отличие от сварки, желательна малая глубина проплавления основного металла, поэтому наплавку выполняют способом скоростной сварки (способом Линда). При наплавке таким способом используют горелку с соплом большого диаметра, нагревая основной металл науглероживающим пламенем. Несмотря на низкую производительность данного способа наплавки, преимуществом является возможность наплавки малогабаритных деталей, где требуется универсальность способа.

При сварке (наплавке) таким способом используют горелку с соплом большого диаметра, нагревая основной металл науглероживающим пламенем. При сварке с использованием горючей смеси, обогащенной ацетиленом, на поверхности металла оседают частицы восстановленного углерода, образуя тонкий науглероживающий слой толщиной $\sim 0,2$ мм. Вследствие снижения точки плавления металла науглероживающего слоя происходит расплавление только в тонком поверхностном слое. Возникновение этого явления, называемого "запотеванием", свидетельствует о готовности основного металла к газовой наплавке. "Запотевание" основного металла в сочетании с применением присадочного материала создает особо благоприятное условие для газовой наплавки с незначительным проплавлением основного металла. Появление "запотевания" позволяет также определить момент нагрева до температуры наплавки и точнее выбрать время подачи наплавочного материала. Вместе с тем науглероживание поверхности при наплавке этим способом вызывает повышение содержания углерода в наплавленном металле, что оказывает неблагоприятное влияние на его механические свойства и коррозионную стойкость. В связи с этим в настоящее время рассмотренный способ применяют только при наплавке высокохромистого сплава на основе железа и других высокоуглеродистых наплавочных материалов, тогда как при нанесении покрытий из коррозионно-стойкой стали, для которой науглероживание нежелательно, применяют способы дуговой наплавки плавящимся или вольфрамовым электродами в среде инертного газа.

Дуговая наплавка покрытым электродом.

Наплавку этим способом, основанным на использовании электродов в виде стержней с покрытием, осуществляют обычно вручную, поэтому такой способ называют также ручной дуговой наплавкой. Электродное покрытие служит для защиты ванны жидкого металла от кислорода и азота воздуха, стабилизации дуги, повышения технологичности процесса наплавки и

введены легировочные элементы в состав наплавленного металла. Широко применяемое в практике дуговой наплавки имеет покрытия карбонитроуглеродное, основное и высокоуглеродное. В состав электродного покрытия вводят также шлакообразующие и газообразующие компоненты, раскислители, стабилизирующие и легировочные добавки.



1 - основной металл; 2 - сварочная ванна; 3 - электрическая дуга; 4 - проплавленный металл; 5 - наплавленный металл; 6 - шлаковая корка; 7 - жидкий шлак; 8 - электродное покрытие; 9 - металлический стержень электрода; 10 - электрододержатель.

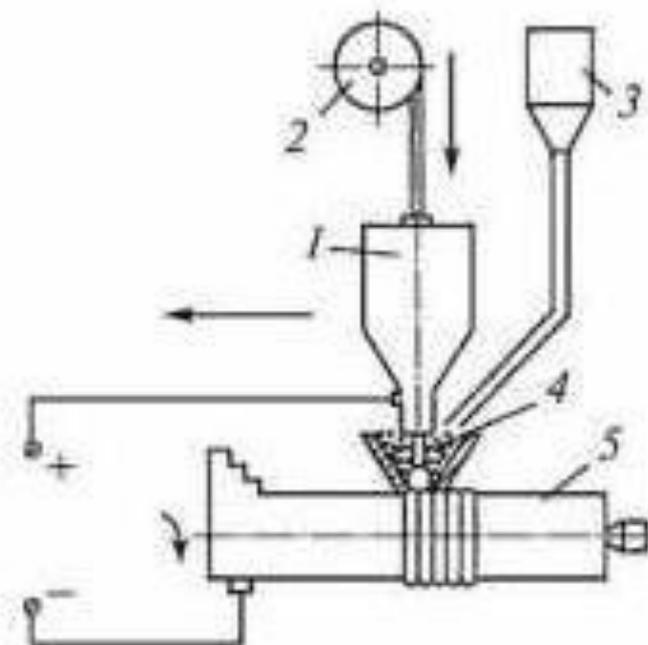
Рисунок 2.1 Схема ручной дуговой сварки инертным электродом

Дуговая наплавка покрытием электродом отличается низкой стоимостью оборудования, возможностью выполнения наплавки вручную, что обеспечивает этому способу самое широкое применение для наплавки не только черных, но и цветных металлов.

Ручная наплавка уступает автоматическим и полуавтоматическим способам по скорости выполнения процесса.

Дуговая наплавка под флюсом.

Название этого способа связано с тем, что дуга при наплавке электродными материалами (проволокой, лентой) скрыта под слоем гранулированного флюса, предварительно [16] насыпаемого на поверхность основного металла. Возможность наплавки при большой силе тока и высокой погонной энергии обеспечивает этому способу высокую производительность при хорошем качестве наплавленного металла, и благодаря этому данный способ занимает господствующее положение в области автоматической наплавки.



1 — патрон; 2 — вассета; 3 — бункер; 4 — флюс; 5 — деталь

Рисунок 2.2 Схема автоматической дуговой наплавки цилиндрической детали под слоем флюса

Дуговая наплавка под флюсом имеет следующие преимущества:

- высокая производительность процесса при наплавке изделий простой формы с большой площадью наплавляемой поверхности;

- простота осуществления процесса, не требующего высокой квалификации сварщика;

- возможность получения хорошего внешнего вида шва; - хорошие условия труда, связанные с отсутствием разбрызгивания электродного металла (поскольку дуга скрыта под слоем флюса).

Вместе с тем этому способу наплавки присущи следующие недостатки:

- более высокая стоимость оборудования, чем для ручной дуговой наплавки покрытыми электродами;

- непригодность для наплавки мелких изделий сложной формы. Наплавка электродной проволокой под флюсом может быть осуществлена во многих вариантах с использованием наплавочной проволоки различного состава и различных флюсов.

При наплавке этим способом в полную меру используют технологические приемы повышения производительности, включая применение многоэлектродных сварочных головок, нагрев наплавочной проволоки электросопротивлением и применение прикладных материалов.

Многоэлектродную наплавку осуществляют обычно способом, при котором дуга возникает между двумя электродами. Преимущество этого способа связано с косвенным дуговым нагревом основного металла, обеспечивающим небольшое его проплавление в сочетании с высокой скоростью плавления электродной проволоки.

Использование нагрева проволоки электросопротивлением при дуговой наплавке под флюсом характеризуется тем, что увеличение выплета электродной проволоки сопровождается повышением скорости наплавки и снижением степени влияния основного металла на состав наплавленного слоя.

При обычной одноэлектродной наплавке под флюсом во избежание чрезмерного проплавления основного металла необходимо применение следующих мер:

- тщательный выбор наплавочного материала с учетом влияния основного металла на состав наплавленного слоя;
- ограничение глубины проплавления путем более плотной укладки наплавленных валцов;
- обеспечение должной толщины наплавленного слоя за счет многослойной наплавки. Наплавка электродной лентой под флюсом. Наплавку данным способом осуществляют с помощью электрода в виде шпоровидной стальной ленты, расположенной в процессе наплавки практически свис под прямым углом к основному металлу.

Наплавка ленточным электродом обладает следующими преимуществами:

- получение плоского валика наплавленного металла, достаточно большой ширины (примерно равной длине ленточного электрода);
- возможность наплавки слоя требуемой толщины за один-два прохода, что обусловлено малой глубиной проплавления основного металла и в связи с этим незначительным влиянием его на состав наплавленного слоя (доля разбавления составляет 10-20 %);
- высокая производительность в связи с возможностью наплавки с высокой скоростью при большой силе тока.

Рассматриваемый способ получил быстрое развитие и нашел широкое применение для наплавки коррозионно-стойкой стали, сплава «нержель» и других коррозионно-стойких наплавочных материалов.

Электродуговая наплавка порошковой проволокой

Наплавка без защитной среды, осуществляется порошковой проволокой при отсутствии подачи флюса или защитного газа в зону дуги.

Наплавка открытой дугой порошковой проволокой обладает следующими преимуществами:

- простота используемого оборудования и технологии, связанная с отсутствием необходимости применения защитного газа и флюса;

- возможность наплавки в полевых условиях, поскольку ветер практически не оказывает влияния на процесс наплавки;

- сравнительная простота введения легирующих элементов в наплавленный металл, состав которого можно регулировать в широких пределах.

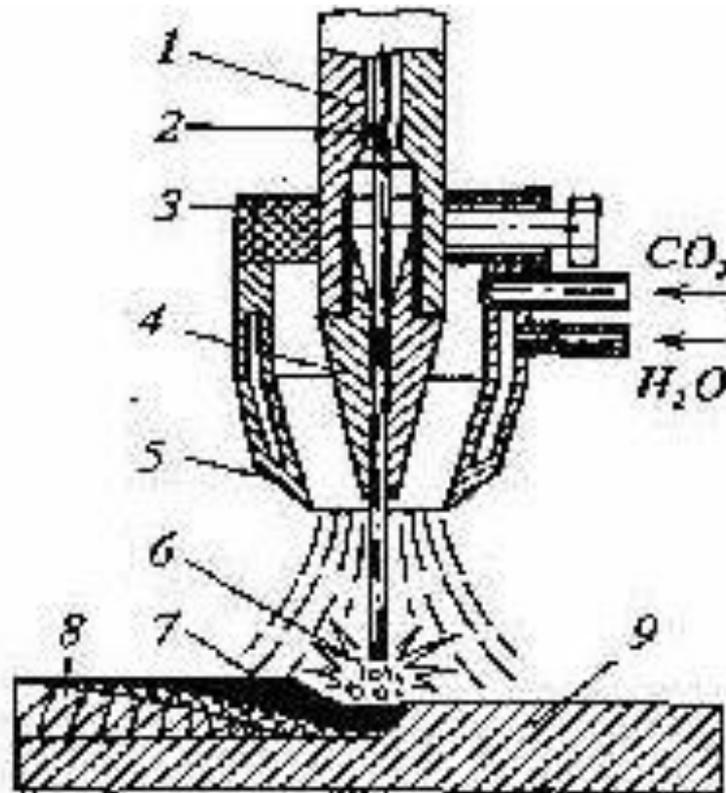
Проблема наплавки этим способом, связанная с обильным выделением дыма, решена разработкой специального дымового коллектора.

Наплавка в среде углекислого газа.

Наплавка плавящимся электродом в среде защитного газа протекает в условиях газового потока со стороны подачи электродной проволоки (наплавочного материала), что обеспечивает защиту зоны дуги от окружающего воздуха.

В качестве защитного газа используют CO_2 , хотя в последнее время распространена практика наплавки в смеси углекислого газа с аргоном и другими инертными газами. Все эти варианты носят общее название наплавки плавящимся электродом в среде защитного газа.

При осуществлении жесткой наплавки в CO_2 используют проволоку сплошного сечения или порошковую проволоку.



1 — мундштук; 2 — электродная проволока; 3 — горелка; 4 — наконечник; 5 — сопло горелки; 6 — электрическая дуга; 7 — сварочная ванна; 8 — наплавленный металл; 9 — наплавляемая деталь

Рисунок 23. Схема наплавки в среде углекислого газа

Основное преимущество наплавки в CO_2 состоит в возможности повышения производительности процесса за счет его осуществления в автоматическом или полуавтоматическом режиме. Недостаток этого способа, присущий и другим способам с применением защитных газов, связан с невозможностью работы на открытом воздухе из-за влияния ветра на процесс наплавки.

Наплавка в среде инертного газа.

Способ состоит в дуговой наплавке при защите зоны дуги и электрода инертным газом. Наплавку в среде инертного газа осуществляют в двух вариантах: плавящимся и вольфрамовым электродами.

Наплавка плавящимся электродом в среде защитного газа характеризуется тем, что дуга возникает между основным металлом и электродным наплавочным материалом. Наплавка протекает в условиях автоматической подачи электродной проволоки. В качестве защитного газа чаще всего используют аргон, хотя при работе в среде чистого аргона дуга теряет стабильность при наплавке любого металла, кроме алюминиевых сплавов. С целью стабилизации дуги при наплавке стали в аргону добавляют до 20 % газа порода или углекислого газа, что существенно влияет на процесс наплавки. Поэтому задача получения наплавленного металла с заданными свойствами требует тщательного выбора состава защитного газа.

Наплавка неплавящимся вольфрамовым электродом в среде инертного газа характеризуется тем, что дуга, за счет теплоты при которой происходит плавление наплавочного присадочного металла, возникает между основным металлом и вольфрамовым электродом. Процесс аргондуговой наплавки, сходный с газовой наплавкой, протекает в условиях подачи наплавочного прутка и его плавления дугой. Применение механизированных средств подачи наплавочного материала с постоянной скоростью позволяет осуществлять наплавку в автоматическом или полуавтоматическом режимах.

Применение инертного газа исключает необходимость использования флюса, поэтому данный способ особенно эффективен при наплавке цветных металлов, высоколегированных сталей и других материалов, чувствительных к окислению и азотированию. Выходящее количество наплавленного металла обеспечивается широким выбором наплавочных материалов.

2.3 Физико-химические свойства поверхностного слоя металла при наплавке

Наплавке подвергают основной металл самых разнообразных классов и видов, включая стали: углеродистую, низколегированную, легкую, высокомарганцовистую, аустенитную, коррозионно-стойкую и другие.

Углеродистая и низколегированная стали обладают вполне удовлетворительной пластичностью и вязкостью, однако высокий уровень их углеродного эквивалента требует — применения при наплавке предварительного подогрева как средства предотвращения образования в них трещин. В связи с большим многообразием отливок нет единых рекомендаций, относящихся к их наплавке, однако при выборе режимов предварительного подогрева и наплавки необходимо учитывать толщину заготовок, размер кристаллического зерна и наличие легирующих основного металла.

В зоне, прилегающей к наплавленному слою, происходит изменение свойств основного металла под влиянием теплоты процесса наплавки. В этой зоне, называемой зоной термического влияния, металл имеет максимальную твердость и наибольшую чувствительность к трещинам. Повышение углеродного эквивалента основного металла сопровождается максимальным повышением твердости в зоне термического влияния. Поэтому при наплавке углеродистой и низколегированной сталей углеродный эквивалент служит показателем, используемым для оценки сварочных свойств основного металла, а так же для выбора режима предварительного подогрева.

Коррозионно-стойкие стали по структурному признаку можно разделить на пять следующих групп: аустенитная, мартенситная, ферритная, аустенитно-ферритная, дисперсионно-упрочняемая.

Аустенитная коррозионно-стойкая сталь обладает высоким сварочнотехнологическими свойствами, однако она склонна к деформации при сварке вследствие ее коэффициента линейного расширения в 1,5 раза больше, а теплопроводность в 3 раза меньше, чем для низкоуглеродистой стали. Для предотвращения округления при наплавке рекомендуется снижать температуры ее предварительного подогрева и разогрева (между проходами).

Мартенситная коррозионно-стойкая сталь, обладающая закаливаемостью, отличается низкой свариваемостью; при высоком содержании углерода

сварка этой стали становится невозможной из-за интенсивного растрескивания.

Ферритная коррозионно-стойкая сталь, не склонная к закалке при охлаждении на воздухе, может подвергаться сварке, однако из-за склонности к округливанию по причине укрупнения кристаллического зерна при температуре выше 900°C при наплавке этой стали происходит округливание зоны термического влияния, которое можно предотвратить путем предварительного подогрева ($100 - 200^{\circ}\text{C}$) и ограничения погонной энергии. Во время длительной выдержки при температуре $400 - 500^{\circ}\text{C}$ эта сталь подвержена округливанию (при 475°C), что выражается в значительном снижении относительного удлинения металла при нормальной температуре.

Основной металл оказывает существенное влияние на состав и твердость наплавленного металла. В частности, составы первого и второго слоев, наплавленных порошковой проволокой в среде углекислого газа на подложку из низкоуглеродистой стали, отличаются от составов соответствующих слоев, наплавленных такой же проволокой при тех же условиях на подложку из среднеуглеродистой стали, что проявляется в различии твердости этих слоев. Влияние основного металла на твердость наплавленного металла перестает связываться только после третьего слоя.

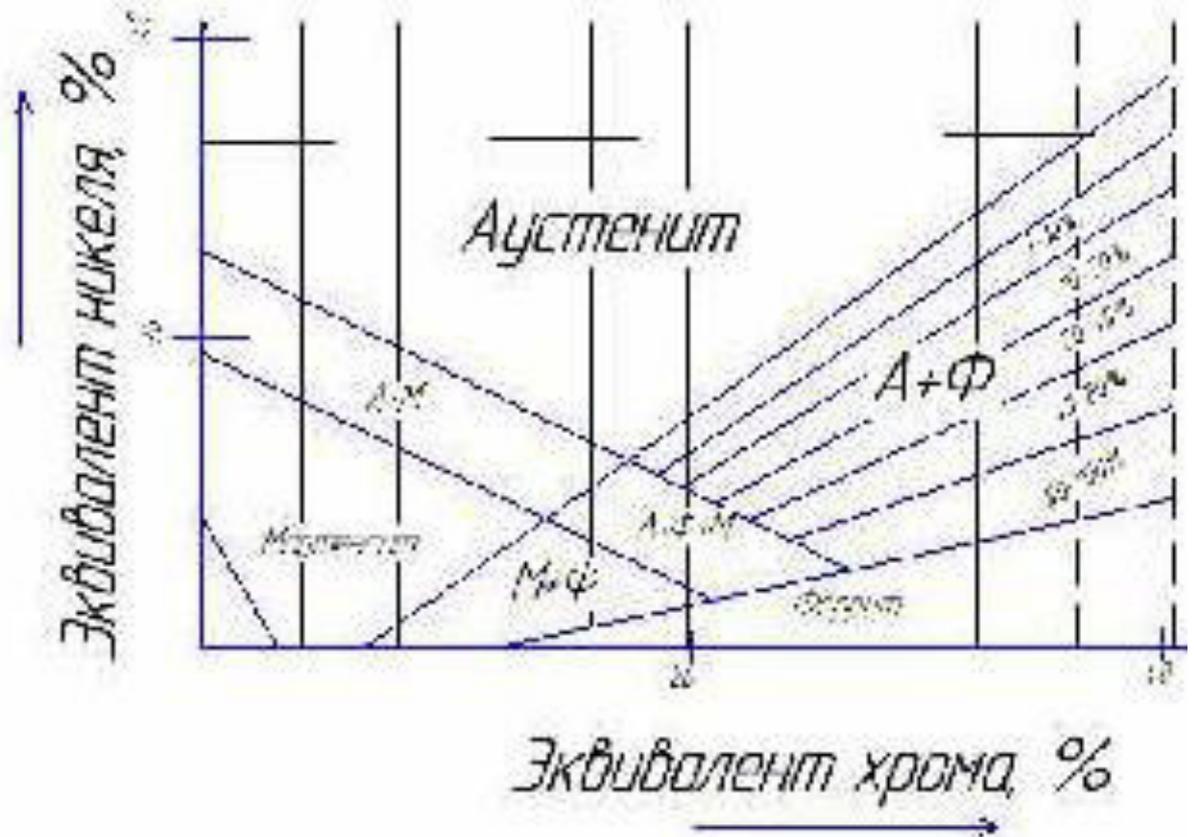


Рисунок 2.4 Диаграмма Шэффлера

При наплавке коррозионно-стойкой стали на низкоуглеродистую или низколегированную сталь структура наплавленного металла может быть определена с помощью диаграммы Шэффлера (рисунок 2.4).

Из диаграммы следует, что при наплавке на низкоуглеродистую сталь коррозионно-стойкой стали (с долей основного металла в наплавленном 30 %) структура наплавленного слоя, может состоять из смеси аустенита с мартенситом. При образовании такой структуры существует опасность возникновения трещин. Для того чтобы при наплавке на низкоуглеродистую сталь получить наплавленный металл, полностью соответствующий составу коррозионно-стойкой стали, наплавку необходимо выполнять сталью с более высоким содержанием легирующих элементов (25 % Cr, 12 % Ni). В связи с этим при наплавке разнородного (по отношению к материалу подложки) металла часто прибегают к наплавке подложки соответствующей стали.

Важнейшая проблема, возникающая при наплавке коррозионно-стойкой стали на низколегированную, состоит в том, что при последующей длительной термообработке на границе между основным и наплавленным металлом образуется хрупкий науглероженный слой, который становится причиной возникновения трещин при испытании на боковой изгиб.

Возникновение науглероженного слоя связано с диффузией углерода из состава основного металла в наплавленный металл, имеющий в составе элементы с большим химическим сродством к углероду. Это обусловлено большой разностью по содержанию углерода между основным и наплавленным металлами, а также разностью по содержанию в них окислительнообразующих элементов (хрома, титана, ниобия). Содержание углерода в граничном науглероженном слое, зависящее от режима термообработки, состава основного и наплавленного металлов, часто превышает 2 %.

В изготовлении новых изделий в целях обеспечения надежных свойств конкретных поверхностей обычно применяют относительно простые стали (например, низкоуглеродистые), а на рабочие поверхности наплавляют, например, бронзу, заменяя тем самым цельном бронзовую деталь, кислотостойкую сталь (для работы в условиях воздействия соответствующей химически агрессивной среды) или материал, хорошо работающий на истирание (при наличии трения с износом) и т.п.

Такие слои можно наносить на наружные поверхности деталей (например, валы, валки прокатного оборудования, рельсовые крестовины и др.) или внутренние поверхности - обычно цилиндрических изделий (корпуса химических и энергетических реакторов, оборудование химических производств и др.).

Наплавку осуществляют нанесением расплавленного металла на поверхность изделия, нагретую до оплавления или до температуры надежного смачивания жидким наплавленным металлом. Наплавленный слой образует одно целое с основным металлом (металлическая связь). При

этом, как правило (кроме некоторых случаев ремонтной наплавки, применяемой для восстановления исходных размеров деталей), химический состав наплавленного слоя может значительно отличаться от состава основного металла. Толщина наплавленного металла, образованного одним или несколькими слоями, может быть различной: 0,5 ... 10 мм и более.

Необходимые свойства металла наплавленного слоя зависят от его химического состава, который, в свою очередь, определяется составом основного и дополнительного металлов и долями их участия в образовании шва. При многослойной наплавке состав каждого слоя различен, так как различна доля участия основного металла (на который наплавляют) в образовании наплавленного слоя. Если при наплавке 1-го слоя основной металл непосредственно участвует в формировании шва, то при наплавке 2-го и последующих слоев он участвует косвенно, определяя состав предыдущих слоев. При наплавке большого числа слоев при некоторых условиях наплавки состав металла поверхностного слоя может быть идентичен дополнительному наплавленному металлу.

Доля участия основного металла в формировании наплавленного металла зависит как от принятого способа, так и от режима наплавки. Различные дуговые методы наплавки отличаются друг от друга тепловой подготовкой основного и наплавляемого металлов. Так, например, при плазменной наплавке с токоведущей присадочной проволокой теплоотложение преимущественно осуществляют в присадочную проволоку, основной металл подогревается и достигает своей поверхности остывающим потоком плазмы дуги и теплотой перегретого жидкого наплавляемого металла. Проплавление основного металла в этом случае может быть заметно уменьшено. Наоборот, при дуге прямого действия, когда на основном металле располагается катодное или анодное плазменное дуги, ограничить расплавление основного металла значительно труднее, особенно при значительном сосредоточении дугового разряда (уменьшении диаметра плавящегося электрода, увеличении плотности тока в электроде).

Распределение тепловложения в основной металл, например при ленточном электроде, иногда дуга перемещается по торцу ленты от одного конца к другому и иногда возникает одновременно в нескольких местах, может заметно снизить долю расплавляемого основного металла.

При наплавке медных сплавов на ряд сталей могут образоваться межзеренные трещины в основном металле, распространяющиеся обычно перпендикулярно границе сплавления. Применение подложки из хромоникелевой ферритно-аустенитной стали (с содержанием в структуре не менее 40 % ферритной фазы) полностью исключает возникновение подобных трещин при после дуговой наплавке на такой подложке сплавов на медной основе. Иногда необходимость подложки может вызываться и другими причинами. Например, при эксплуатации наплавленной детали в условиях частых тепловых циклов в результате различных значений коэффициентов линейного расширения основного металла и металла первого слоя в зоне сплавления возникают иногда очень большие термические напряжения, вызывающие после воздействия определенного числа циклов разрушения в результате термической усталости.

В целях уменьшения локализации напряжений целесообразно предварительно на основной металл наплавлять подложку с промежуточным значением коэффициента линейного расширения. Такой подложкой ограничивается развитие диффузионных прослоек (обезуглероживание в углеродистой стали и появление карбидной прослойки в более легированной аустенитной стали возле линии сплавления), которые после длительной работы, наплавленной детали при высоких температурах или после термообработки изделия в некоторых случаях могут снижать эксплуатационные характеристики изделия.

Таким образом, в различных случаях при наплавке необходимо комплексно решать ряд сложных вопросов: выбор материала, обеспечивающего соответствующие условиям эксплуатации свойства; возможность наплавки этого материала непосредственно на основной металл

детали или подбор материала для наплавки подслоя, выбор способа и режима наплавки, формы и методов изготовления наплавочных материалов, выбор термического режима для выполнения наплавки (сопутствующего подогрева для исключения получения крутилок подвальных зон в металле детали или в крутилом наплавленном слое, интенсификации охлаждения наплавленной детали, когда для металла нежелательно длительное пребывание при высоких температурах), установление необходимости после дуговой термической (общей или местной) обработки (для получения необходимых эксплуатационных характеристик или возможности промежуточной механической обработки).

Восстановительная наплавка применяется для получения первоначальных размеров изношенных или поврежденных деталей. В этом случае наплавленный металл близок по составу и механическим свойствам основному металлу.

Наплавка функциональных покрытий служит для получения на поверхности изделий слоя с необходимыми свойствами. Основной металл обеспечивает — необходимую — конструктивную — прочность. Слой наплавленного металла придает особые заданные свойства: износостойкость, жаростойкость, жаропрочность, коррозионную стойкость и т. д.

Важнейшие требования, предъявляемые к наплавке, заключаются в следующем:

- минимальное проплавление основного металла;
- минимальное переувлажнение наплавленного слоя с основным металлом;
- минимальное значение остаточных напряжений и деформаций металла в зоне наплавки;
- снижение до приемлемых значений припусков на последующую обработку деталей.

2.4 Особенности наплавки расщепленным электродом.

Сварка расщепленным электродом была предложена инженером В. С. Володиным в 1937г. [30]. Сущность этого способа состоит в том, что два, три или четыре электрода связывают в пучок. В месте зажатия в электрододержателе стержни пучка соединяются между собой присвاتفками таким образом, чтобы контакт с электрододержателем имел каждый стержень. При соприкосновении с изделием дуга возбуждается между одним из стержней пучка и по мере его оплавления переходит на соседний, между концом которого и изделием окажется меньшее расстояние. Горение дуги поддерживается между данным стержнем и изделием до тех пор, пока за счет удлинения дуги сопротивление дугового промежутка не увеличится и дуга не переключится на другой стержень.

В связи с тем, что дуга горит поочередно между каждым стержнем пучка и изделием, нагрев стержней при данном токе будет меньше, чем при сварке одностержневым электродом при том же токе. Это позволяет при одинаковом диаметре стержней пучка и одиночного электрода применять большие токи при сварке пучком и тем самым увеличить производительность за счет расположения, сокращения основного времени сварки. При этом тепло дуги используется более рационально, так как во время горения дуги между изделием и одним из стержней, другие стержни подогреваются за счет излучения дуги.

Поэтому коэффициент наплавки при сварке пучком по сравнению с одностержневым электродом при одинаковой величине сварочного тока возрастает.

Применение пучка электродов позволит увеличить сварочный ток и при этом значительно повысить часовой производительность по количеству наплавленного металла.

Однако все эти преимущества сварки пучком действительны только при сравнении со сваркой одним электродом того же диаметра, что и каждый электрод пучка. Если сравнение производить с электродом, имеющим площадь поперечного сечения, равную суммарной площади сечения стержней пучка, то преимущества окажутся на стороне сварки одним электродом. Поэтому, если представляется возможность, эффективнее применять электроды больших диаметров при больших сварочных токах. Применение пучка может оказаться целесообразным лишь в тех случаях, когда использование электродов больших диаметров по различным причинам невозможно.

Сварка и наплавка пучком электродов применяется тогда, когда требуется наплавлять большое количество металла. Сущность этого метода состоит в следующем. Несколько объемных покрытых обмазкой электродов складывают вместе и скрепляют проволокой. Контактные концы сваривают и вставляют в электродержатель. В этом случае получается блуждающая дуга, так как горит она попеременно между отдельными электродами и поверхностью детали. При сварке и наплавке пучком, состоящим из пяти и более электродов, часть стержней не включается в цепь сварочного тока, и они плавятся за счет тепла сварочной ванны. Сварка и наплавка пучком электродов может выполняться на повышенном токе и увеличивает производительность в 1,5—2 раза.

Сила сварочного тока, А, рассчитывается по формуле:

$$I_{\text{св}} = K \cdot d_{\text{э}} \quad (2.1)$$

где K — коэффициент, равный 25—60 А/мм;
 $d_{\text{э}}$ — диаметр электрода, мм.

Для большинства марок электродов, используемых при сварке углеродистых и легированных конструкционных сталей, напряжение дуги $U_{\text{д}} = 22 \div 30$ В.

Применение этого метода на 20—30% снижает расход электроэнергии за счет лучшего использования тепла дуги. Кроме того, значительно уменьшается местный нагрев детали, вследствие чего деталь меньше подвергается короблению. Сварку высокопроизводительными электродами можно выполнять переменным и постоянным током (прямой полярности), преимущественно в нижнем положении. Источники питания должны иметь повышенное напряжение холостого хода.

Из методов повышения производительности ручной сварки следует указать также сварку двойным электродом, пучком электродов, трехфазной дугой и сварку с глубоким проваром.

Наплавка может выполняться как на переменном, так и на постоянном токе. Следует иметь в виду, что температура дуги выше на аноде, чем на катоде. Поэтому при необходимости глубокого проплавления металла применяют прямую полярность: плюс (анод) на деталь, а минус (катод) на электрод. Для уменьшения перегрева детали применяют обратную полярность: минус присоединяют к деталям, а плюс на электрод.

2.5 Теоретические основы цементации

Химико-термическая обработка или цементация, это процедура, при которой на изделия воздействуют высокой температурой при помещении их в жидкую, газовую или твердую среду, что делается для придания им измененного химического состава. Прием этот обеспечивает насыщение углеродом поверхностного слоя обрабатываемых объектов. Благодаря такой обработке можно [14] обеспечить изделиям высокие характеристики устойчивости к износу и повышенную твердость. Примечательно то, что сердцевина этих деталей сохраняет свою начальную вязкость.

Эффективность метода цементации наблюдается при условии, что работа проводится с низкоуглеродистыми сталями, в составе которых доля

углерода не превышает значения 0,2%. Термическая обработка обеспечивает насыщение поверхностного слоя деталей, причем для этого их помещают в специально подобранную среду, которая может легко выделить активный углерод, где поддерживается температура в диапазоне от 850 до 950 градусов Цельсия.

Создание подобных условий обработки позволяет изменять химический состав обрабатываемых элементов и микроструктуру вместе с фазовым составом. Положительный эффект от такой обработки заключается в повышении прочности, в результате по характеристикам такая деталь не отличается от изделий, прошедших операцию закалки. Для достижения наилучших результатов особое внимание следует уделить грамотному расчету времени, в течение которого деталь должна выдерживаться в создаваемой среде, а также подбору температуры цементации.

Особенностью цементации стали является то, что на эту процедуру уходит достаточно много времени. Чаще всего процесс насыщения поверхности и придания ей специальных свойств происходит со скоростью около 0,1 мм за один полный час выдержки. Многие элементы нуждаются в создании упрочненного слоя толщиной более 0,8 мм, что позволяет говорить о том, что на эту обработку придется потратить как минимум 8 часов. На текущий момент технология цементации металла предусматривает использование нескольких сред: газовые, пастообразные, твердые, растворы электролитов, ванночный слой.

Обычно при выборе среды для обработки металла используют газовые и твердые карбюризаторы.

Выделяют три основные группы металла, который используется для закалки:

1. Сталь с неупрочняемой сердцевиной. В эту группу входят следующие марки стали, пригодной для цементирования — 20, 15 и 10. Эти детали имеют небольшой размер, используются для эксплуатации в бытовых

условиях. Во время закаливания происходит трансформация аустенита в феррито-перлитную смесь.

2. Сталь со слабо упрочняемой сердцевиной. В эту группу вошли металлы таких марок, как 20X, 15X (хромистые низколегированные стали). В этом случае проводят дополнительную процедуру легирования с помощью небольших доз ванадия. Это обеспечивает получение мелкого зерна, что приводит к получению более вязкого и пластичного металла.

3. Сталь с сильно упрочняемой сердцевиной. Этот вид металла используют для изготовления деталей со сложной конфигурацией или большим сечением, которые выдерживают различные ударные нагрузки, подвергаются воздействию переменного тока. В процессе закаливания вводится никель или при его дефиците используют марганец, при этом для дробления зерна добавляют малые дозы титана или ванадия.

В целом процесс цементации стали необходим для улучшения износостойкости и прочности деталей.

Чаще всего цементации подвергаются валы, оси, лезвия ножей, детали подшипников и зубчатые колеса.

Выделяют несколько способов достижения вышеупомянутой цели. В первую очередь для цементации стали необходим карбюризатор. Это углеродсодержащие вещества, которыми и производят обработку металла при высокой температуре. Протекают процессы цементации и твердой, и в жидкой, и в газовой среде. Благодаря современным технологиям метод совершенствуется. И цементация металла теперь выполняется даже в специальных вакуумных печах.

На современных заводах поставленной цели чаще добиваются, используя газовую углеродсодержащую среду. Благодаря новым решениям удается ускорить и упростить процесс. Принципиально он отличается от цементации в твердом карбюризаторе тем, что заготовки не нужно погружать в ящик, распределяя равномерно среди древесного угля или

другого вещества. В целом все так же необходимо поддерживать изделия в печи при высокой температуре.

Цементацию в газовой среде удается выполнять ускоренными темпами благодаря специфике процесса. Ее выбирают для обработки заготовок большими партиями. Процедуру отличают следующие достоинства:

Можно максимально точно задать концентрацию углерода в поверхностном слое металла.

Так как нет необходимости в предварительном прогреве изделия, сокращается время выполнения операции.

Цементацию в газовой среде фактически совмещают с последующими этапами обработки изделий.

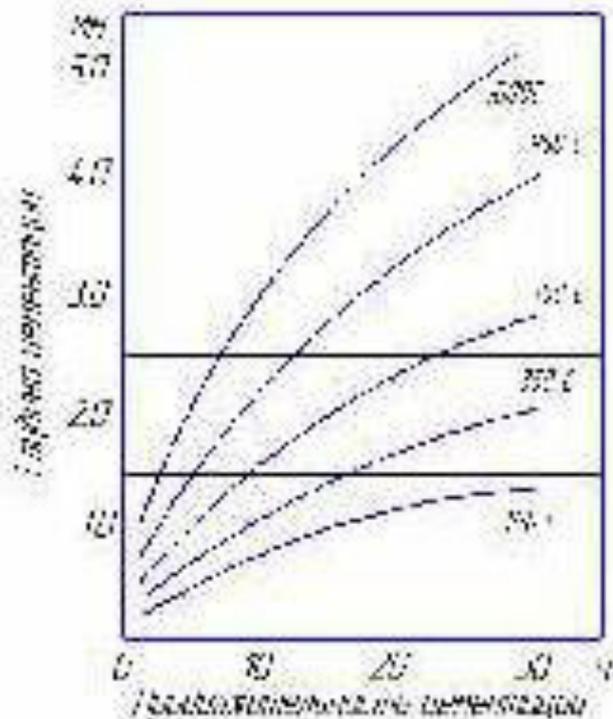


Рисунок 25 – График зависимости продолжительности цементации от температуры и глубины слоя

Для достижения необходимой цели используют также газы, как метан и пропанбутановые смеси, к которым добавлены жидкие углеводы. Температура для успешной цементации рассчитывается исходя из

характеристик заготовки и сплава. Традиционно процесс протекает в температурном диапазоне от 910 до 930 градусов. Преимущественно цементацию в газовой среде выполняют в печи шахтного типа. Длительность процедуры тоже разная – она может длиться от шести и до 12 часов.

В твердом carburizatore (твердая)

При цементации в твердом carburizatore в качестве среды-донора углерода используют древесный уголь, как вариант — торфяной кокс, каменноугольный полукокс. Смесь дополняют активизаторами (углекислый натрий, барий или кальций).

Для равномерного насыщения уголь измельчают до частиц размером 3-10 мм, а затем просеивают, чтобы избавиться от пыли. Активизаторы также измельчают и просеивают, стремясь придать им вид мелкого порошка.

Процесс цементации стали проходит в несколько этапов:

- Предметы, очищенные от эмульсии и масла, загружают в ящик из стали, с carburizatorom, который должен полностью их покрывать. Нельзя допускать их касания стенок ящика и друг друга.

- Емкость помещается в печь. Ее герметичность обеспечивается пригнатой крышкой из глины или печным затвором.

- Начав с предварительного прогрева, температуру повышают до технологического уровня 900-950°С.

Возможен ускоренный вариант (при 930°С), сокращающий время насыщения в 2 раза, но вызывающий образование карбидной сетки (возникающей из-за слишком высокого углеродного насыщения). Для ее устранения и исправления структуры проводят дополнительную многоэтапную обработку (нормализацию).

Цементация стали в домашних условиях организовывается в твердой среде или с использованием графита. Оба варианта доступны и не требуют специальных познаний. Обустройство помещения для первого способа

максимально упрощается, поскольку печь не нуждается в обеспечении высокой герметичности.

Это условие вполне достижимо в домашней мастерской. Несмотря на ожидаемые преимущества, у метода есть и недостатки: трудоемкость и низкая производительность.

Перед обжигом готовится твердая смесь (карбюризатор). Она состоит из смеси древесного угля с углекислыми солями бария, натрия или кальция. Соли предварительно измельчают до порошкообразного состояния, а затем просеивают, чтобы добиться однородности. Доля древесного угля в смеси — 70-90%, остальное приходится на соли.

Цементация заключается в нагреве стальных изделий в углеродосодержащей среде - карбюризаторе - при температуре 900-950°С. При твердой цементации карбюризатором является [23] древесный (березовый) уголь (размер частиц 3 - 12 мм) с добавками углекислых солей ($BaCO_3, Na_2CO_3$), ускоряющими процесс цементации. При газовой цементации катализатором служит газ метан.

В работе используется с твердый карбюризатор, из 80% древесного угля и 20% Na_2CO_3 или $BaCO_3$.

При твердой цементации изделие заправляется в ящик (контейнер), наполненный карбюризатором. В этом случае науглероживание осуществляется углеродом, выделяющимся при диссоциации окиси углерода, которая образуется при неполном сгорании угля: $2CO - CO_2 + C$ атомарный Атомарный углерод адсорбируется поверхностью деталей и диффундирует внутрь. В связи что железо может растворять значительные количества углерода (2,14%), процесс проводится при температуре выше Ac_3 , обычно при температуре 900-950°С.

2.6 Теоретические основы обработки на токарном станке

Технология токарных работ по металлу предполагает использование специальных станков и режущего инструмента (резцы, сверла, развертки и др.), посредством которого с детали снимается слой металла требуемой величины.

Токарная обработка выполняется за счет сочетания двух движений: главного (вращение заготовки, закрепленной в патроне или планшайбе) и движения подачи, совершаемого инструментом при обработке деталей до заданных параметров их размера, формы и качества поверхности. Естественно, что токарная обработка предполагает получение готового изделия, которое соответствует определенным стандартам качества. Под качеством в данном случае подразумевается соблюдение требований к геометрическим размерам и форме деталей, а также степени шероховатости поверхностей и точности их взаимного расположения.

Для обеспечения контроля над качеством обработки на токарных станках применяют измерительные инструменты на предприятиях, выпускающих свою продукцию крупными сериями, — предельные калибры для упорной единичного и мелкосерийного производства — штангенциркули, микрометры, нутрометры и другие измерительные устройства.

Скорость резки выбирается на основе характеристик материала, из которого сделана заготовка, типа и качества применяемого резца. В соответствии с выбранной скоростью резки выбирается частота вращения шпинделя станка, оснащенного токарным патроном или планшайбой.

Перед обработкой поверхности, на токарном станке, рекомендуется очистить поверхность паза от шпана.

При выборе и назначении того или иного режима работы токарного станка следует обязательно учитывать твердость резцов и материала детали. При обработке твердосплавными резцами рекомендованное значение должно находиться в диапазоне 100–200 м/мин.

Глубина обработки подбирается с учетом мощности привода и материала режущего инструмента. При появлении в процессе работы паразитных вибраций следует снизить скорость подачи резца.

Выбирая ту или иную скорость резания, нужно учитывать твердость обрабатываемого материала и стойкость резца, которая измеряется временем непрерывной работы его до затупления в минутах. Она зависит от формы резца, его размеров, материала, из которого изготовлен резец, от точения с охлаждающей эмульсией или без нее.

ГЛАВА 3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Программа исследований

При составлении программы исследований были приняты во внимание цель, поставленная в работе, и вытекающие из нее задачи с учетом данных известных по литературным источникам. Программа экспериментальных исследований включает в себя:

- лабораторные исследования с целью проверки теоретических предположений и обоснования основных режимных параметров упрочнения ремонтной детали;
- замеры параметров восстановленных и новых палцев с целью проведения сравнительной оценки долговечности.

3.2 Выбор объекта исследования

В качестве объекта исследования был выбран восстановления деталей кодовой части трактора, а в частности гусеничный палец экскаватора Hitachi ZX 300. Гусеничный экскаватор Hitachi ZX 300 принадлежит к среднему классу строительной специальной техники.

Благодаря мощной гидравлической системе экскаватор может производить работы в сложных условиях. Такие качества позволяют использовать технику в условиях ограниченного пространства, в любом климате и любом типе основания, в том числе на слабых грунтах.

Комплектуется экскаватор четырехтактным шестигранниковым двигателем мощностью 90,2 кВт. Оснащен стрелой 5,7 м и рабочей рукоятью почти 3 м. Ширина его ходовой части 2,80 м, выгота вместе с ковшем 9,52 м.



Рисунок 3.1 - Эскаватор Hitachi ZX 300

Гусеницы управляются каждая своим аксиально-поршневым двухскоростным двигателем с планетарным редуктором. Это позволяет гусеницам вращаться реверсивно, что повышает маневренность эскаватора. Он может разворачиваться практически на месте. Снабженный автоматической коробкой передач, при движении в гору, он автоматически сам увеличивает скорость. Соединительные пальцы гусеницы снабжены пылезащитным салником, что увеличивает их срок службы.

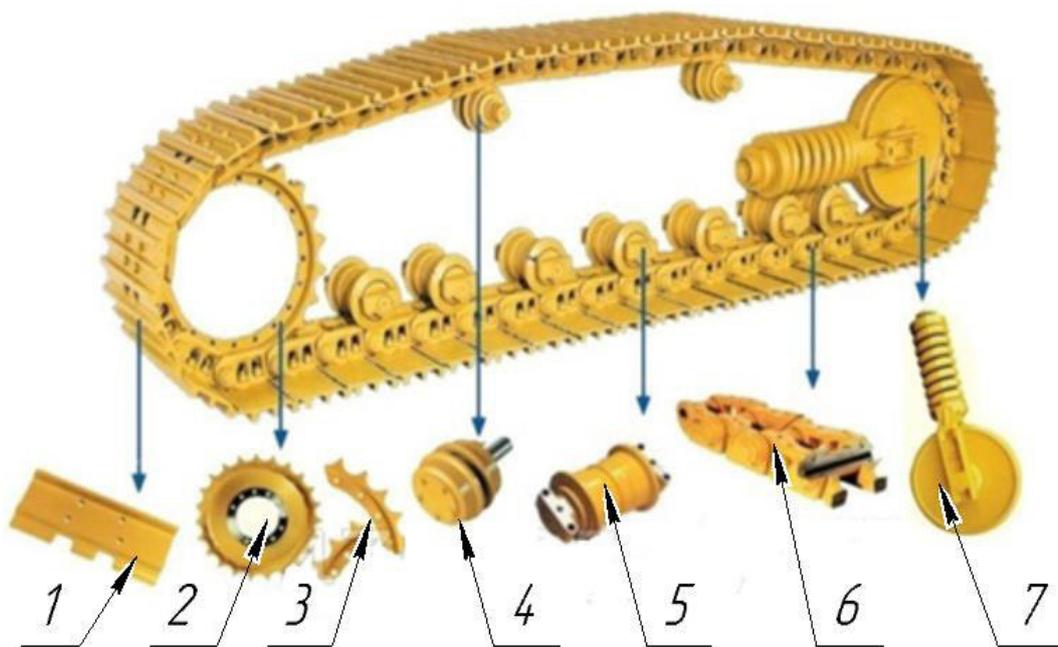
В качестве цели для исследования и восстановления была выбрана ходовая часть гусеничного самоходных машин.

3.3 Устройство ходовой части трактора

Ходовая система гусеничного трактора включает следующие составляющие:

1) Подвеска, в которую включена рама с опорно-поворотным устройством.

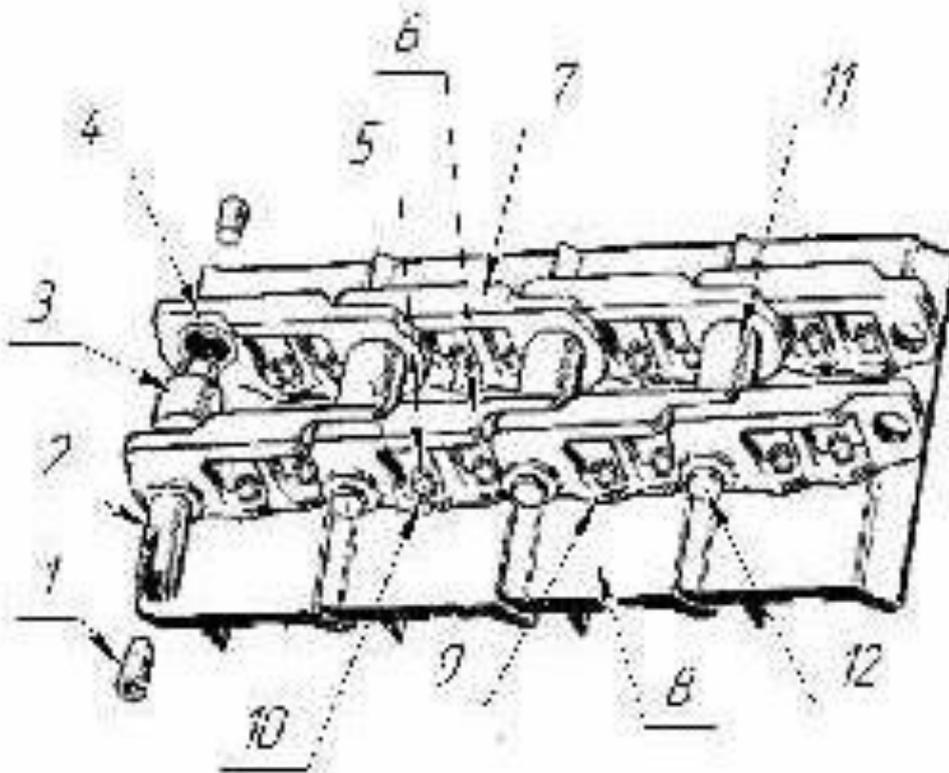
2) Движитель – гусеница, ведущее колесо, поддерживающие ролики, опорные колеса, натяжное устройство и направляющее колесо.



1 — башмак; 2 — приводная звезда; 3 — сегмент; 4 — опорный каток; 5 — поддерживающий каток; 6 — гусеничная цепь; 7 — направляющее колесо (натяжитель)

Рисунок 3.2 – Ходовая часть гусеничных самоходных машин

Гусеницы являются одними из расходных материалов экскаваторов. Основной их особенностью является высокая стоимость замены, обычно она составляет более половины стоимости всего ремонта. Гусеницы должны соответствовать весьма жестким требованиям, в первую очередь, важна их износостойкость.



1 — стопор, 2 замковый палец, 3 - втулка, 4 — уплотнительное кольцо (пыльник); 5 — болт; 6, 7 — шейка звена; 8 — шарик; 9 — стопорная шайба; 10 — гайка; 11 — втулка; 12 — палец

Рисунок 33 - Составная гусеница рельсового типа с притягиваемым закрытым шарниром

Составное звено гусеницы (рисунок 33) рельсового типа с притягиваемым закрытым шарниром. Оно состоит из двух отдельных штампованных щев (рельсов) 6 и 7 зеркальной конфигурации, соединительных деталей - втулки 11 и палеца 12, опорной профильной плиты 8 (шарнира) и болтов 5 с шайбами 9 и гайками 10.

Обработанные механически и термически щевы 6 и 7 имеют по два отверстия: большое для запрессовки втулки 11 и малое для соединительного палеца 12 звеньев. Втулки и палецы выполняют, как правило, из малоуглеродистых сталей, с последующей цементацией и закалкой поверхностей трения. На внутренней обработанной плоскости щеки у малого отверстия сделана небольшая кольцевая выточка.

При сборе гусеницы вначале на концы втулки 11 напрессовывают правую 6 и левую 7 щеки так, чтобы ее края несколько выступали за внешние обработанные плоскости щек. При последующей сборке соединительный палец 12 свободно проходит через отверстие втулки 11, а на его выступающие концы последовательно напрессовывают следующую пару щек с соединительной втулкой и т. д. Соединенные таким образом щеки звеньев образуют беговую дорожку для опорных катков в виде рельс. Поэтому такие звенья и получили название -"рельсового типа".

К нижней поверхности каждой пары щек посредством болтов 5, гаек 10 и стопорных шайб 9 крепится башмак 8 с поперечным грунтозацепом Б, выполненный из стали фасонного профиля.

Шарниры рельсовых звеньев обычно закрытого типа и приподняты над поверхностью башмака. В закрытом шарнире выступающие концы втулок 11 входят в кольцевые выточки А сложных наружных щек 6 и 7, образуя лабиринтное уплотнение В, препятствующее попаданию внешнего абразива в его внутреннюю часть.

Так как звенья спрессовываются большим усилием, порядка 1000 кН, для установки гусеницы или ее снятия с движителя одно из ее звеньев делается легкозамыкающим. В этом звене втулку 3 делают более короткой, чтобы она не выходила за пределы отверстий щек, в которые она запрессована, а концы соединительного пальца 2 чаще всего делают с коническими отверстиями и продольным разрезом. При замыкании гусеницы соединительный палец 2 свободно входит в малые отверстия наружных щек и соединительную втулку 3, после чего в его концы запрессовывают стопорные конусы 1, заклинивающие концы пальца в отверстиях щек. Для того чтобы выпрессовать конусы 1 при разборке гусеницы в них выполнены резьбовые отверстия Г, закрытые во время работы деревянными пробками. Дополнительные кольца (шайбы) 4, заменяющие отсутствующие выступающие концы соединительной втулки 3, создают лабиринтное уплотнение закрытого шарнира замыкающего звена.

Рассматриваемая гусеница имеет цевочное зацепление с ведущим колесом движителя, где роль цевки выполняет наружная поверхность соединительной втулки звена.

Достоинствами составных гусениц рельсового типа являются:

- наличие закрытого шарнира, изолирующего его внутренние поверхности трения от попадания на них абразива, что значительно снижает их износ и повышает долговечность его работы;
- приподнятость шарнира над башмаком, что также в известной степени предохраняет его от попадания в него абразива;
- приподнятый над грунтом более чистый рельсовый путь, оказывающий меньшее сопротивление качению опорных катков;
- лучшая ремонтпригодность, позволяющая заменять изношенные детали составного звена и, при необходимости, увеличивать (уменьшать) площадь опорной поверхности башмаков или устанавливать на них дополнительные резиновые подкладки для движения трактора по дорогам с твердым покрытием.

Основными недостатками этих гусеничных звеньев являются:

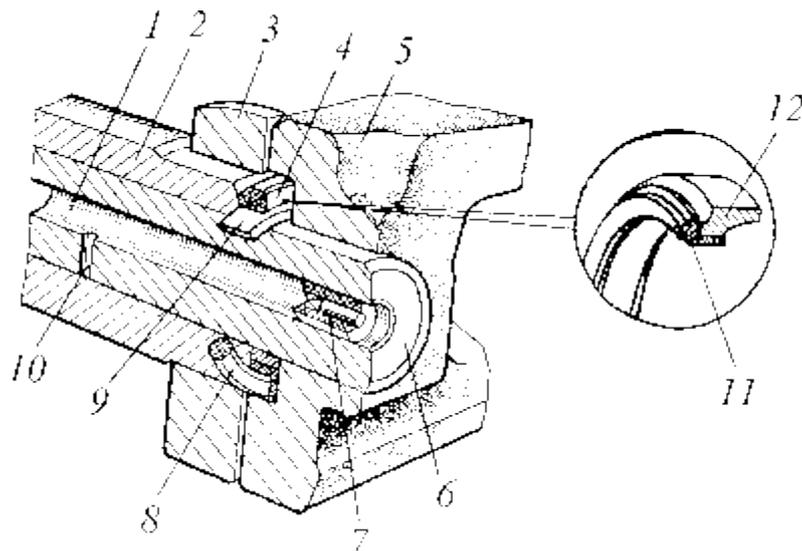
- большая металлоемкость (достигающая до 25% от массы трактора);
- большая сложность и трудоемкость их изготовления по сравнению с цельнолитыми гусеничными звеньями;
- сложность в эксплуатации, требующая специальных прессовых приспособлений для их разборки и сборки вовремя ремонта.

Однако несмотря на отмеченные недостатки составные рельсовые гусеницы имеют весьма широкое применение на промышленных тракторах, особенно больших тяговых классов, работающих на песчаных грунтах, главным образом из-за высокой долговечности шарниров закрытого типа и ремонтпригодности составных звеньев гусениц.

Для повышения долговечности шарниров и снижения в них потерь мощности на трение в лучших их конструкциях применяют жидкостное смазывание пар трения и дополнительные уплотнения. В этих шарнирах

соединительная втулка 2 по длине такая же, как в замыкающем звене, не выходящая за пределы отверстия щеки 3, но с тщательно обработанными торцами, используемыми как поверхности трения торцового уплотнения. К ним и к торцу расточки в щеке 5 поджаты стороны резиновых уплотнительных колец 4 с расжимным резиновым кольцом 8. Одновременно уплотнение 4, находясь на поверхности полиуретановых упорных колец 9, дополнительно защищает внутреннюю полость шарнира от проникновения в него абразива.

Соединительный палец 6 делается полым для заправки смазочного материала и с отверстием 10 для ее подачи на поверхности трения шарнира. В торцы пальца 6 запрессовываются резиновые заглушки 7 с отверстием для закачки смазочного материала, закрытым пластиковой пробкой.



1 — отверстие для смазки; 2 — втулка; 3 — звено; 4 — уплотнение; 5 — внешнее звено; 6 — палец; 7 — клапан для смазки; 8 — резиновое кольцо; 9 — упорное кольцо; 10 — отверстие для подачи смазки; 11 — кольцо; 12 — обойма

Рисунок 3.4—Уплотнения и сальники

В некоторых конструкциях подобного шарнира вместо уплотнения 4 применяют уплотнительное нажимное кольцо 11 из плотной резины, закрепленное в металлической обойме 12, которая запрессовывается в расточку щеки 5 так, чтобы торец кольца 11 был поджат к торцу втулки 2.

В качестве исследуемой и восстанавливаемой детали был выбран гусеничный палец.

3.4 Обработка экспериментальных данных и оценка точности измерений

При проведение опытов необходимо свести к минимуму ошибки измерений, для того чтобы получить максимальные достоверные данные. Для этого применяем математическую статистику. Оценка погрешности результатов измерений регламентируется стандартом ГОСТ 8.207–76.

При измерений величин нами были применены приборы, которые обеспечивают наибольшую точность измерений. Все приборы перед началом измерений тщательно тарировали и настроили. Измеряемые параметры замерялись в необходимом количестве и определенной последовательности. Во время испытаний контролировали факторы, которые влияют на результат испытаний и исключили систематические погрешности.

Для этого вычисляем среднее арифметическое значения:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (3.1)$$

где x_i - результат при i -ом измерении;

n - количество проведенных измерений;

\bar{x} - среднее арифметическое значения.

Далее вычисляем среднюю квадратическую ошибку. Средняя квадратическая ошибка вычисляется чтобы учесть отклонения \bar{x} от искомого значения.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}, \quad (3.2)$$

где σ - средняя квадратическая ошибка;

x_i - результат при i -ом измерении;

n - количество проведенных измерений;

\bar{x} - среднее арифметическое значения.

Средняя квадратическая погрешность является числовой характеристикой качества совокупности измерений, для которых она вычислена или задана. Чем выше σ , тем хуже получается качество измерений. Если есть результаты измерений, которые содержат промахи, то их нужно отбросить.

Вычисляем среднее квадратическое отклонение результата измерения:

$$\sigma(\bar{x}) = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}, \quad (3.3)$$

где σ - средняя квадратическая отклонения;

x_i - результат при i -ом измерении;

n - количество проведенных измерений;

\bar{x} - среднее арифметическое значения.

Вычисляем случайную составляющую погрешности результата измерения ε (без учета знака) по формуле:

$$\varepsilon = t \cdot \sigma(\bar{x}), \quad (3.4)$$

где t - коэффициент Стьюдента.

В зависимости от числа результатов наблюдений и принятой доверительной вероятности определяем значения коэффициента Стьюдента на таблице.

Доверительная вероятность $P = 0,95$ принимается при проведении технических измерений, а $P = 0,99$ – при проведении метрологических измерений.

Вычисляем неисключенную систематическую погрешность.

Формула для определения неисключенную систематическую погрешность;

$$\theta = k \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^m \theta_j^2}, \quad (3.5)$$

где θ_j^2 – неисключенная j -я систематическая погрешность (НСП);

m – сумма чисел НСП;

k – коэффициент, определяемый принятой доверительной вероятностью и числом слагаемых m .

По формуле вычисляем суммарное среднее квадратическое отклонение (абсолютная погрешность).

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sigma^2(\bar{x}) + \sigma^2(\theta)}, \quad (3.6)$$

Величина σ_{Σ} определенная по формуле является абсолютной погрешностью. Очевидно, что при измерении некоторой большой величины при одном и том же значении σ_{Σ} результат может оказаться достаточно точным, тогда как при измерении малой величины его точность будет недостаточной.

Поэтому принимается и относительная погрешность, которая определяется как;

$$\delta = \frac{\sigma_{\Sigma}}{\bar{x}}, \quad (3.7)$$

Относительная погрешность выражается в процентах.

3.5 Определение необходимого числа экспериментов

Одной из задач планирования экспериментов является определение необходимого числа опытов, которые позволяют получить достоверные результаты. Кроме этого, определения необходимого числа экспериментов дает возможность сэкономить затраты средств и времени на исследование. Эта операция выполняется по принятой (известной) методике, изложенной ниже.

Для определения необходимого числа экспериментов использовали следующую формулу:

$$n = \frac{S^2 [x_i] \cdot t_p^2 [m-1] \cdot \left(1 \pm \frac{1}{\sqrt{2 \cdot m}}\right)^2}{J_p^2}, \quad (3.8)$$

где $S [x_i]$ - среднеквадратическое отклонение вариационного ряда;

m - число измерений в предварительном эксперименте, проведенных для оценки точности метода;

$t_p^2 [m-1]$ - значение коэффициента Стьюдента для вероятности p при числе измерений, m ;

J_p^2 - задаваемое с вероятностью p максимально допустимое отклонение среднего значения от истинного.

Среднеквадратическое отклонение вариационного ряда определяем по формуле:

$$S [x_i] = \sqrt{\frac{\sum (\bar{x} - x_i)^2}{n - 1}}, \quad (3.9)$$

где \bar{x} - среднее арифметическое значение параметров исследований;

x - значение параметров исследований;

n - число опытов.

После предварительных опытов мы установили среднеквадратическое отклонение вариационного ряда, которое составило 0,7425. Среднее значение микротвердости при расчете допускается разброс параметров до 3 % с достоверностью 95%. При расчете необходимое число измерений получилось 10,15. Поэтому при исследованиях расчетное число измерений принимаем равным 10.

3.6 Методика определения размеров и твердости гусеничных пальцев

Пальцы гусеничных цепей должны изготавливаться из стали марки 50Г ГОСТ4543-71 (рис.3.5). Допускается изготавливать пальцы из стали других марок при обеспечении ресурса гусеничной цепи, установленного настоящим стандартом.

Твердость пальца в местах, подвергающихся износу, должна быть не менее: На поверхности – 53HRC, на глубине до 3,6 мм до 01.01.91 г. и до 4 мм с 01.01.91 г. – 46,5 HRC, сердцевины - 24 HRC, (229 HB) [10]. Вокруг радиальных отверстий для подвода смазки допускается зона пониженной твердости. Величина твердости и размера зоны должны быть установлены в рабочих чертежах.



Рисунок 3.5–Новый гусеничный палец

Твердость пальцев, подвергаемых низкому отпуску, должна устанавливаться рабочими чертежами. Допуск прямолинейности образующей поверхности пальцев – по 10 степени точности ГОСТ 24643-81. Шероховатость цилиндрической поверхности пальцев не должна быть более Ra 2,5 мкм ГОСТ 2789-73. Замыкающие пальцы должны изготавливаться по техническим условиям и (или) рабочим чертежам.

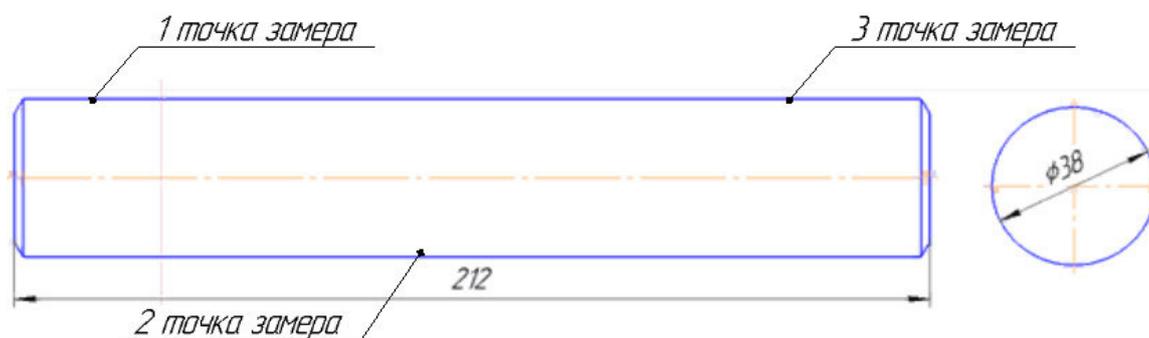


Рисунок 3.6–Чертеж нового гусеничного пальца

Для замера твердости новых и восстановленных пальцев был выбран твердомер TP5006.

Прибор ТР 5006 (рисунок 3.7) предназначен для измерения твердости металлов и сплавов, пластмасс, графитов и металлографитов по СТ СЭВ 137-74, прессованной древесины и других материалов по методу Роквелла. Прибор позволяет измерять твердость металлов и сплавов по методу Бринелля.



Рисунок 3.7–Твердомер ТР5006

Прибор применяется в цехах и лабораториях машиностроительных и металлургических предприятий, а также в лабораториях научно-исследовательских институтов.

Прибор позволяет измерять твердость в соответствии со стандартами СТ СЭВ 468-77, СТ СЭВ 469-77, ISO 2039/2-81, TI-84 ASTM E18-84, DIN 18-84.

Таблица 3.1 -Техническая характеристика твердомера TP5006

Диапазон измерения твердости	По методу Роквелла: - шкала А от 70 до 95 HRA; - шкала В от 25 до 100 HRB; - шкала С от 20 до 70 HRC; По методу Бринелля: - от 4 до 450 НВ.
Испытательные нагрузки, Н:	Предварительная - 98,07; Общие: - по методу Роквелла - 588,4; 980,7; 1471 - по методу Бринелля - 612,9; 980,7; 1226; 1839
Пределы допускаемой погрешности испытательных нагрузок	Предварительной - $\pm 2\%$; Общих нагрузок: - 588,4; 980,7; 1471 Н - $\pm 0,5\%$ - 612,9; 1226; 1839 Н - $\pm 1\%$.
Продолжительность времени приложения основной нагрузки регулируемая в пределах, сек:	от 2 до 8
Расстояние от вершины испытательного наконечника до рабочей плоскости стола регулируемое в пределах, мм:	от 0 до 200
Расстояние от центра отпечатка до корпуса прибора, не менее, мм:	152
Габаритные размеры (длина х ширина х высота), не более, мм:	300х535х630
Масса прибора, кг:	80

Прибор включает в себя:отсчетную измерительную систему, систему нагружения, грузовую подвеску, механизм переключения нагрузок, привод, подъемный винт, груза для измерения твердости по методу Бринелля.

Твердомер TP 5006М стационарный позволяет измерять твердость в соответствии со стандартами: ISO 2039/2, DIN 50103, ASTM E 18, T1. По дополнительному заказу к прибору поставляется грузовая подвеска для

измерения твердости по методу Бринелля по ГОСТ 9012 с нагрузками: 612,9-980,7- 1226- 1839 Н.

По формуле рассчитывается средняя твердость новых 10 пальцев:

$$H_{\text{ср}} = \frac{h_1+h_2..h_n}{n} = \frac{h_n}{10} \quad (3.10)$$

Где h_n —величина твердости, HR;

n- количество экспериментов.

3.7 Методика определение величины износа гусеничных пальцев

На основе анализа взаимодействия деталей присопряжения, износа и формы изношенных пальцев гусениц сельскохозяйственных тракторов и специальных машин их поверхность условно разделена на три характерные зоны.

В центральной зоне проявляется коррозионно-абразивное изнашивание, а в крайних зонах (зона запрессовки) абразивное и механическое изнашивание, также в крайних зонах деталь подвергается интенсивной пластической деформации.



Рисунок 3.8 – Износ пальцев

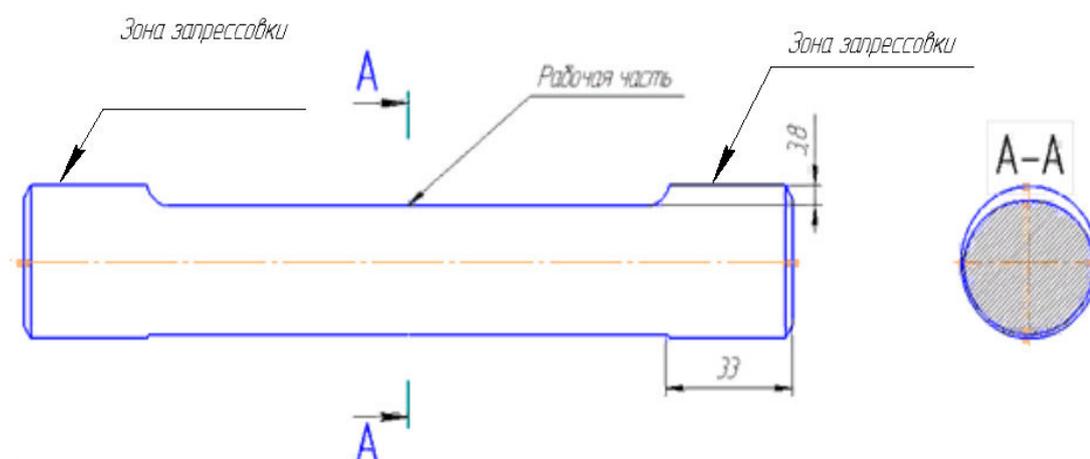


Рисунок 3.9–Чертеж отработанного гусеничного пальца

Измеряем величину износа гусеничных пальцев в трех точках подверженных износу.

По формуле находим средний износ рабочей части пальцев:

$$Q = \frac{N_1 + N_2 + \dots + N_n}{n} = \frac{Nn}{n} \quad (3.11),$$

где N-износ рабочей поверхности пальца, мм

n – количество пальцев.

Для исследования были взяты 10 гусеничных пальцев с эксковатора HitachiZX 200, которые отработали в среднем 6 тысяч мото-часов.

3.8 Методика восстановления пальцев

3.8.1 Наплавление слоя металла

Для каждого типа металлов применяются различные конструкции электродов. Они отличаются между собой материалами стержня, его покрытием. Для крепления разных по габаритам элементов используются разные электродысварочные. Кроме того, есть варианты, предназначенные не для сварки, а для того, чтобы наплавить один слой металла на другой

Для этого есть специальные модели электродов, которые можно заменить моделями, предназначенными для сварки высоколегированных и жаропрочных сортов стали.

Для скрепления металлов используются разные виды электродов: Электрод АНО-21, АНО-4, ОЗЛ-8, МР-3, МР-3с, УОНИ-13/55, ОЗС-12, ЦТ-11.

В качестве рабочего материала были выбраны сварочные электроды «УОНИ-13/55» с основным покрытием широко применяются для сварки ответственных конструкций. Свариваемые изделия должны быть изготовлены из низколегированных и углеродистых сталей которые эксплуатируются при знакопеременных нагрузках.

При наплавке изношенной поверхности должна быть компенсирована толщина изношенного слоя плюс 1–1,5 мм на обработку поверхности после наплавки.

В многослойных стыковых швах первый слой выполняют электродом 3–4 мм, последующие слои выполняют электродами большего диаметра.

Расчет скорости сварки, м/ч, производится по формуле:

$$V_{\text{св}} = \frac{\alpha_{\text{н}} \cdot I_{\text{св}}}{100 \cdot F_{\text{шв}} \cdot \rho} \quad (3.12)$$

где $\alpha_{\text{н}}$ – коэффициент наплавки, г/А ч;

$F_{\text{шв}}$ – площадь поперечного сечения шва при однопроводной сварке (или одного слоя валика при многослойном шве), см²;

ρ – плотность металла электрода, г/см³ (для стали $\rho=7,8$ г/см³).

Масса наплавленного металла, г, для ручной дуговой сварки рассчитывается по формуле:

$$G_{\text{н}} = F_{\text{шв}} \cdot l \cdot \rho \quad (3.13)$$

где l – длина шва, см;

ρ – плотность наплавленного металла (для стали $\rho=7,8$ г/см³)

Расчет массы наплавленного металла, г, при ручной дуговой наплавке производится по формуле:

$$G_{\text{н}} = F_{\text{нп}} \cdot h_{\text{н}} \cdot \rho \quad (3.14)$$

где $F_{\text{нп}}$ – площадь наплаваемой поверхности, см²;

$h_{\text{н}}$ – требуемая высота наплаваемого слоя, см.

Расход электродов, кг, для ручной дуговой сварки (наплавки) определяется по формуле:

$$G_{\text{м}} = G_{\text{н}} \cdot k_{\text{э}} \quad (3.15)$$

где $k_{\text{э}}$ – коэффициент, учитывающий расход электродов на 1 кг наплавленного металла

Расход электроэнергии, кВт ч, определяется по формуле:

$$A = \frac{U_d \cdot I_{св}}{\eta \cdot 1000} \cdot t_0 + W_0 \cdot (T - t_0) \quad (3.16)$$

где U_d – напряжение дуги, В;

η – КПД источника питания сварочной дуги;

W_0 – мощность, расходуемая источником питания сварочной дуги при холостом ходе, кВт;

T – полное время сварки или наплавки, ч.

Наплавка слоя металла осуществляется пока изношенная средняя часть пальца не выровняется с торцевыми частями пальца. Наплавку осуществляют по всему периметру пальца так, чтобы не оставалось пустот и впадин.

3.8.2 Обработка поверхности

Перед обработкой поверхности, на токарном станке, рекомендуется очистить поверхность пальца от шлака.

Учитывая особенности обтачивания заготовки на токарном станке, которая производится вдоль оси её вращения, глубина резания рассчитывается как разность диаметров делённых на два:

$$T = \frac{D-d}{2} \quad (3.17)$$

T – глубина резания, мм;

где D – диаметр до обработки, мм;

d – диаметр обработанный, мм.

Скорость резания зависит от числа оборотов шпинделя и диаметра детали и определяется по формуле.

$$V = \pi * D * n / 1000 \quad (3.18),$$

где V – скорость резания, м/мин;

D – диаметру детали или заготовки, мм;

n – количество оборотов, об/мин;

π – константа 3,141526 (табличное число).

При известной величине из вышеуказанной формулы легко можно вычислить необходимую частоту резания.

3.8.3 Методика повышения твердости пальца

Определенное воздействие на сталь позволяет изменить ее основные эксплуатационные свойства. Чаще всего проводится химико-термическое воздействие, которое называют цементацией стали. Она предусматривает как нагрев детали для перестроения его атомной решетки, так и внесение требуемых химических элементов. Цементация стали в домашних условиях графитом или другой средой еще несколько лет назад практически не проводилась, но сегодня это возможно.

Химико-термическая обработка или цементация, это процедура, при которой на изделия воздействуют высокой температурой при помещении их в жидкую, газовую или твердую среду, что делается для придания им измененного химического состава. Причем этот эффект обеспечивает насыщение углеродом поверхностного слоя обрабатываемых объектов. Благодаря такой обработке можно обеспечить изделиям высокие характеристики устойчивости к износу и повышенную твердость. Примечательно то, что сердцевина этих деталей сохраняет свою начальную вязкость.

Термическая обработка обеспечивает насыщение поверхностного слоя деталей, причем для этого их помещают в специально подобранную среду,

которая может легко выделить активный углерод, где поддерживается температура в диапазоне от 850 до 950 градусов Цельсия.

Создание подобных условий обработки позволяет изменять помимо химического состава обрабатываемых элемента и микроструктуру вместе с фазовым составом. Положительный эффект от такой обработки заключается в повышении прочности, в результате по характеристикам такая деталь не отличается от изделий, прошедших операцию закалки. Для достижения наилучших результатов особое внимание следует уделить грамотному расчету времени, в течение которого деталь должна выдерживаться в создаваемой среде, а также подбору температуры цементации.

Особенностью цементации стали является то, что на эту процедуру уходит достаточно много времени. Чаще всего процесс насыщения поверхности и придания ей специальных свойств проходит со скоростью (рисунок 3.9) около 0,1 мм за один полный час выдержки. Многие элементы нуждаются в создании упрочненного слоя толщиной более 0,8 мм, что позволяет говорить о том, что на эту обработку придется потратить как минимум 8 часов.

Сам процесс твердой цементации проходит в специальных ящиках, где насыпан карбюратор. На дно ящика насыпается карбюратор высотой слоя 10-20мм. Укладываются детали на расстоянии 20мм друг от друга и засыпают их карбюратором так, чтобы его слой над ними был не менее 20мм. Идеально, если ящики соответствуют размеру и форме изделия, которое обрабатывают.

Сам процесс цементации в твердой смеси проходит следующим образом:

- детали, которые необходимо закалить, равномерно укладываются в ящики, наполненные твердым карбюратором;
- печь разогревают до 900–1000 градусов и подают в нее тару с изделиями;
- прогрев ящиков проходит при температуре от 500 до 700 градусов.

Этот прогрев называют сквозным. Сигналом, что печь накалилась до нужной температуры служит однородный цвет подовой плиты, на ней больше нет темных участков под ящиками;

Температуру поднимают до 900 или 1000 градусов по Цельсию.

Именно при таком температурном режиме происходят диффузные изменения в структуре деталей на уровне атомов.

Благодаря такой термообработке как цементация деталь имеет необходимую прочность и пластичность. Такие детали лучше противостоят ударным нагрузкам на изгиб.

Был выбран способ цементации в твердой среде, который позволяет производить цементацию на глубину более 3мм. Данный способ можно проводить даже в домашних условиях, он прост в реализации и не такой затратный и трудоемкий как остальные методы.

Чтобы обработка прошла успешно, необходимо использовать твёрдый карбюризатор. Дополнительно, к углю добавляется соль угольной кислоты, которая насыщена кальцием или другими щелочными металлами. Чтобы углерод выходил быстрее и насыщал сталь, заранее подготовленную смесь дробят до мелкой фракции. Она просеивается сквозь несколько сит, чтобы на выходе получились одинаковые крупинки размером в 10мм.



Рисунок 3.10 – Цементация в печи

Рабочий процесс проводится следующим образом:

1) Берется емкость, которая немного больше размера пальца. В нее засыпается подготовленная смесь

2) В емкость помещается палец. Емкость закрывается крышкой, так чтобы было герметично. Далее помещаем емкость в печь разогретую примерно до 950 градусов по Цельсию

3) По таблице выбираем время цементации. Для нашего случая соответствует цементация минимум от 12 часов.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

4.1 Определения размеров и твердости гусеничных пальцев

Перед восстановлением изношенных пальцев для начала нужно измерить какую твердость имеют новые гусеничные пальцы. Для этого, исключить ошибки при расчетах была посчитана необходимая число экспериментов. Число замеров необходимое для определения средней твердости пальцев необходимо провести 10 раз. Измерение проводится в трех точках каждого пальца.

Таблица 4.1 Среднее значение твердости 10 новых гусеничных пальцев, (HR)

№	Зона замера твердости			Среднее значение
	1 точка замера	2 точка замера	3 точка замера	
1	52	47	53	50
2	51	52	51	51
3	49	50	49	49
4	54	44	53	50
5	49	50	50	50
6	50	51	49	50
7	52	49	54	52
8	48	53	49	50
9	50	47	51	48
10	55	54	51	52

По формуле была рассчитана средняя твердость новых 10 пальцев:

$$H_{\text{ср}} = \frac{h_1+h_2..h_n}{10} \quad (4.1)$$

$$H_{\text{ср}} = \frac{501}{10} \approx 50HR$$

Средняя твердость новых пальцев составила 50HR



Рисунок 4.1 -Личное участие в замере твердости

Новый палец на эксковатораHitachiZX 200 соответствует следующим размерам: длина 212мм, диаметр 38 мм, твердость 50HRC. Следовательно при восстановлении изношенных пальцев, восстановленные пальцы должны удовлетворять данные параметры.

4.2 Определение величины износа отработанных пальцев

Износ гусениц происходит неравномерно. Гусеничный палец имеет три зоны износа такие как рабочая (средняя), где палец находится в постоянном

сопряжении со звеном гусеницы, а также имеет две зоны запрессовки, в местах которых палец подвергается пластичной деформации.

Наибольшему износу подвергается средняя(рабочая) часть пальца, которая постоянно находится в трении с шарниром. Так как верхняя часть пальца более нагружена, то и износ в этой части больше.

Для замера среднего износа пальцев были взяты 10 пальцев, отработавших в среднем 6 тысяч мото-часов. Замеры производились в трех зонах износа

Наибольшему износу подвержена рабочая зона пальца, следовательно на величину данного износа следует наплавливать металл.

Таблица 4.2 Результаты износа рабочей части гусеничных пальцев, (мм)

№	Зона замера износа			Среднее значение
	Зона запрессовки 1	Рабочая зона	Зона запрессовки 2	
1	1,6	3,9	1,7	2,4
2	1,9	4,3	1,9	2,7
3	1,2	3,9	1,3	2,5
4	1,7	3,6	1,8	2,8
5	1,5	3,7	1,0	2,6
6	1,3	5,1	1,6	3,0
7	1,0	4,0	1,2	2,5
8	1,8	4,9	1,7	2,9
9	0,9	3,5	0,8	2,6
10	1,3	3,9	1,2	2,8

По формуле было найдено средний износ рабочей части пальцев:

$$Q = \frac{N_1 + N_2 \dots N_n}{10} = \frac{N_n}{n} = 2.7 \text{ мм} \quad (4.2),$$

$$Q = \frac{26,8}{10} = 2.7 \text{ мм}$$

Средний износ рабочей части составил 2.7 мм, округляем в большую сторону, получается средний износ равен 3 мм. Палец нужно восстанавливать на чуть больший диаметр, для дальнейшей обработки на токарном станке.

4.3 Определение параметров наплавки

Для наплавки слоя металла были выбраны сварочные электроды «УОНИ-13/55» с основным покрытием широко применяются для сварки ответственных конструкций.

Таблица 4.3 Выбор величины сварочного тока в зависимости от диаметра электрода

Диаметр электрода, мм	Толщина металла, мм	Сварочный ток, А
1,6	1-2	25-50
2	2-3	40-80
2,5	2-3	60-100
3	3-4	80-160
4	4-6	120-200
5	6-8	180-250
5-6	10-24	220-320
6-8	30-60	300-400

Из формулы 4.2 следует, что для наплавки слоя металла в 3 мм следует выбрать электроды 3 мм диаметром (таблица 4.3).

Сила сварочного тока, А, рассчитывается по формуле:

$$I_{CB} = K \cdot d_3 = 40 \cdot 3 = 120A \quad (4.3)$$



Рисунок 4.2 – Наплавленный слой металла на поверхность гусеничного пальца

Наплавка слоя металла осуществляется пока изношенная средняя часть пальца не выровняется с торцевыми частями пальца.

4.4 Выбор режимов обработка поверхности

Перед обработкой поверхности, на токарном станке, очищаем поверхность пальца от шлака.

Для качественной обработки поверхности пальца и получения нужных размеров нужно рассчитать глубину обработки и скорость резания

Глубина резания рассчитывается

$$T = \frac{D-d}{2} \quad (4.4)$$

$$T = \frac{40-38}{2} = 2\text{мм}$$

Скорость резания зависит от числа оборотов шпинделя и диаметра детали и определяется по формуле:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (4.5)$$

$$V = \frac{3.14 \cdot 38 \cdot 210}{1000} = 25 \text{ м/мин}$$



Рисунок 4.3 – Личное участие в обработке поверхности пальца

Скорость резания для испытываемого образца выбираем 25м/мин.

Гладкие цилиндрические поверхности деталей обтачивают проходными резцами в два приема. Сначала черновым резцом производят обдирку — грубое обтачивание, — быстро снимая основную массу лишнего металла.

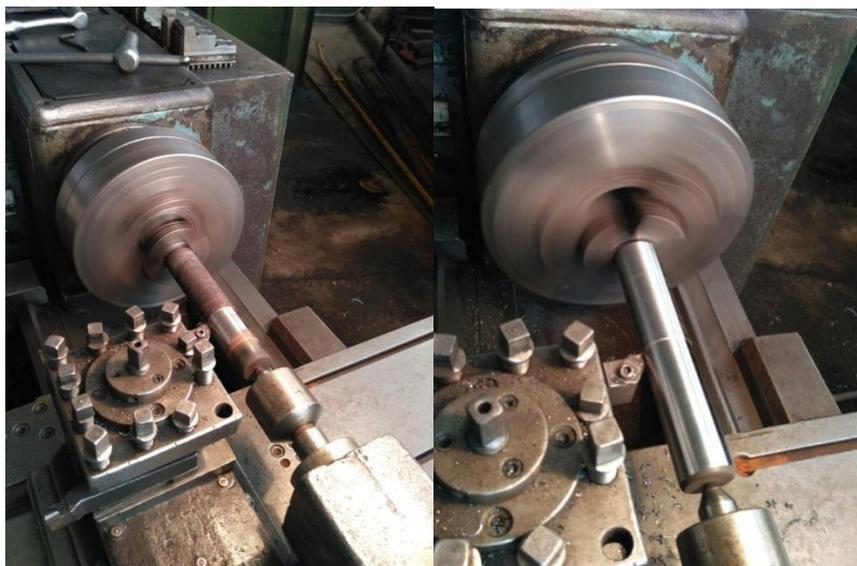


Рисунок 4.4 – Обработка поверхности восстановленного гусеничного пальца на токарном станке

После обточки черновым резцом на поверхности детали остаются крупные риски и качество обработанной поверхности поэтому невысоко. Для окончательной обработки служат чистовые резцы. Ими протачиваем до нужного диаметра.

4.5 Замер твердости восстановленных пальцев

После наплавки, обработки поверхности и цементации, следует измерить твердость пальцев, полученную после восстановления.

Замер также производим на 10 пальцах, в трехразных точках.



Рисунок 4.5 – Замер твердости восстановленных пальцев

Таблица 4.4 Результаты замера среднего значения твердости 10 восстановленных гусеничных пальцев, (HR)

№	Зона замера твердости			Среднее значение
	1 точка замера	2 точка замера	3 точка замера	
1	47	51	49	48
2	50	49	53	51
3	48	47	47	47
4	49	51	51	50
5	48	46	47	47
6	47	48	45	46
7	52	53	46	49
8	48	50	50	49
9	50	51	52	50
10	54	52	51	51

По формуле рассчитываем средняя твердость восстановленных 10 пальцев:

$$H_{\text{ср}} = \frac{h_1 + h_2 + \dots + h_n}{n} \quad (4.6)$$

$$H_{\text{ср}} = \frac{470}{10} \approx 48HR$$

Средняя твердость восстановленных пальцев после замера составила 48HR, что соответствует требуемым параметрам.

5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГУСЕНИЧНЫХ ПАЛЬЦЕВ

5.1. Экономическая эффективность способа упрочнения

Главной целью научных исследований является повышение эффективности использования гусеничных сельхозмашин и строительной техники за счет совершенствования технологических процессов восстановления рабочих органов. Экономическую эффективность выявляют путем сравнения основных технико-экономических показателей нового способа восстановления гусеничных пальцев с существующим способом

Износостойкость изделия можно повысить с помощью химико-термической обработкой. В результате этого экономическую эффективность целесообразно определяют, исходя из условия снижения удельных расходов на единицу ресурса:

$$\frac{C_n - C_{ост}}{T_n} \geq \frac{C_{100c} + C_v + E_n \cdot K_y - C_{200c}}{T_p}, \quad (5.1)$$

где C_n - цена новой детали, руб.;

$C_{ост}$ - остаточная стоимость после выработки до ремонтного ресурса, руб.;

K_y - удельные капитальные вложения,

C_v — себестоимость восстановления детали, руб.; связанные с организацией ремонта, руб.;

C_{100c} - стоимость ремонтного фонда с учетом транспортно-заготовительных расходов по данной технологии, руб.;

C_{200c} — остаточная стоимость восстановленной детали после ее использования, руб.;

E_n — нормативный коэффициент эффективности капиталовложений ($E_n = 0,15$);

T_p - срок службы восстановленной детали, мото -ч.

T_n —срок службыновой детали доремонта в единицах ресурса, мото-ч;

$$K_y = \frac{Ц}{N}, \quad (5.2)$$

где N - годовая программа восстановления, шт.;

$Ц$ —стоимость оборудования, руб.

$$C_{100c} = 1,1C_{OCT}, \quad (5.3)$$

$$C_{200c} = 0,025Ц_n, \quad (5.4)$$

Как левая, так и правая части неравенства (5.1) представляют собой удельные расходы при расчете на единицу ресурса, связанные с технологическими затратами. Экономическая эффективность повышается, если эти расходы в связи с восстановлением снижаются.

Уровень удельных расходовможно исчислять и задать в виде соответствующих критериев эффективности, на основаниисравнениякоторых можно определять экономическую целесообразность технологии восстановления детали.

По условию зависимости (5.1) для рейтинговой оценки необходимо подсчитать правую часть неравенства для существующей и предлагаемой технологии восстановления гусеничных пальцев. После восстановления сроки службы будут разными, потому что каждая из них обеспечивает различные детали.

Оптимальность технологии оценивается поминимуму затрат на единицу ресурса

$$K_p = \frac{C_{100c} + C_6 + E_n \cdot K_y - C_{200c}}{T_p}, \quad (5.5)$$

где K_p - действительный критерий эффективности восстановления детали, руб./мото-час.

Себестоимость восстановления гусеничного пальца определяется по следующей формуле:

$$C_v = C_{рф} + C_m + Z_{но} + Z_{нд} + H_{сс} + H_p, \quad (5.6)$$

где $C_{рф}$ - стоимость единицы ремфонда с учетом затрат на его доставку, руб.;

$Z_{но}$ — основная заработная плата рабочих, руб.;

C_m — затраты на ремонтные материалы, руб.;

$Z_{нд}$ - дополнительная заработная плата, руб.;

H_p - накладные расходы, руб.;

$H_{сс}$ — начисления на социальные нужды, руб..

$$C_{рф} = M \cdot C_m, \quad (5.7)$$

где C_m - цена металлолома, руб.;

M -масса детали, кг.;

$$Z_{нд} = 0.13 Z_{но}; H_{сс} = 0.263 Z_{но}; H_p = 23 Z_{но};$$

Сравнив значения действительного критерия эффективности восстановления гусеничных пальцев по предлагаемой технологии и существующей технологии, предложенной в работе, видно, что $K_{p.п} = 1,42 < K_{p.р} = 2,56$. Следовательно, с экономической точки зрения предложенная технология восстановления гусеничных пальцев более предпочтительна чем существующая.

Для определения годовой экономической эффективности при восстановлении гусеничных пальцев используем следующую формулу:

$$\Delta = \left[\left(C_1 + E \frac{K_1}{N} \right) - \left(C_2 + E \frac{K_2}{N} \right) \right] N, \quad (5.8)$$

где C_1 - себестоимость восстановления пальца по существующей технологии, руб.;

K_1 и K_2 - соответственно, капитальные затраты для существующей и предлагаемой технологии, руб.;

C_2 — себестоимость восстановления пальца по предлагаемой технологии, руб..

Таблица 5.1 Затраты на восстановление гусеничного пальца

Статья затрат	Обозначение	Сумма, руб.
		предлагаемый способ
1. Стоимость единицы ремфонда	$C_{рф}$	320
2. Затраты на ремонтные материалы	C_m	515
3. Дополнительная зарплата	$Z_{пд}$	120
6. Накладные расходы	H_p	295
7. Полная себестоимость	C_v	1250
8. Действительный критерий эффективности восстановления	K_p	1,92

При восстановлении, экономическая эффективность новой технологии восстановления гусеничных пальцев, с учетом того что средняя цена нового пальца составляет 2600, а процесс восстановления в организации в которой производилась работасоставила 1250 рубля на один палец, экономия составила 1350 рублей. Учитывая производительность разработанного технологического процесса, годовую программу восстановления возьмем 1000 шт. При

восстановлении гусеничных лап предлагаемым способом годовой экономический эффект составляет- 135000рублей.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. В работе проведены исследования по обоснованию технологического процесса восстановления гусеничных пальцев тракторов электродуговой наплавкой с последующим упрочнением поверхности.

2. Проведены исследования твердости новых и восстановленных пальцев, параметров наплавки слоя металла и цементации поверхности. Наплавляемый слой металла составляет в среднем 3мм. Для наплавки следует использовать электроды толщиной 3мм. Силу тока для сварки следует выбирать 120А. По результатам лабораторных испытаний установлено, что покрытие полученное методом электродуговой наплавкой с последующей обработкой получают хорошими по механическим свойствам и внешнему виду.

3. В работе предоставлена методика восстановления изношенных деталей. После наплавки слоя металла и обработки поверхности необходима цементация верхнего слоя. Цементация проводится на глубину 3 мм, при температуре 900-950 градусов, продолжительность цементации 12 часов. Было установлено что при восстановлении пальцев, восстановленные пальцы имеют чуть меньшую среднюю степень твердости, но она соответствует необходимым характеристикам. С экономической точки зрения восстановление изношенных пальцев выгоднее покупки новых.

4. Экономическая эффективность при восстановлении гусеничных пальцев электродуговой сваркой составляет 1896000 рублей в год.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора – машиностроителя. В 3-х т. 1-5е изд., перераб. и доп./В.И. Анурьев – М.:Машиностроение, 1980. – 728 с.
2. Карпенко А.Н. Сельскохозяйственные машины. — 5-е изд. пераб. и доп. /А.Н. Карпенко, В.М. Халанский// — М.: “Колос”., 1983.—495 с
3. Новые технологические процессы восстановления деталей машин: сб. науч. тр. -Кишинев: Штиница, 1988.-132 с.
4. Батищев А. Н. Перспективные методы восстановления и упрочнения деталей/ А. Н. Батищев, И. Г. Голубев, П. А. Спицын // Обзор, информ. /Госкомсельхозтехника СССР, ЦНИИТЭП -М., 1983. -30.
5. Лопоян Ю. Н. Восстановление коренных подшипников двигателя / Ю. Н. Лопоян, М. В. Сушкевич // Техника в сел. хоз-ве.-1963. -№5.-С.65-67
6. Булавин С.А., Стребков С. В., Макаренко А.Н. Предпосылки к совершенствованию рабочих органов почвообрабатывающих машин с использованием технологии армирования при наплавке. / Депонированная статья №102 ВС-2001. Выпуск 4.3, БД «Агрос» №0329600034 в НТЦ «Информрегистр» (НИИТЭИагропром), 2001
7. Восстановление деталей машин / Ф. И. Пантеленко [и др.]. - М.: Машиностроение, 2003. - 672 с.
8. ГОСТ 9450- 76 Металлы. Метод испытания на микротвердость вдавливание алмазной пирамиды.
9. ГОСТ 380-94. Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки. М.: Изд-во стандартов, 1994. — 9 с
10. Глазов В. М. Микротвердость металов и упроводников/ В. М. Глазов, В. Н. Вигдорович. - 2-е издания., испр. и доп. - М.: Metallургия, 1969.- 248 с.
11. Кархин В. А. Тепловые основы сварки: Учебное пособие. – Л.:госн. Ун-т Л., 1990.-100 с.

12. Люляков И.В. Патент РФ № 2241586 «Способ восстановления деталей почвообрабатывающих машин» / И.В. Люляков, В.Н. Буйлов // Бюл. изобр. № 34. -10.12.2004.

13. Материалы будущего: перспективные материалы для народного хозяйства. Перевод с немецкого (под редакцией А.Нейман, Л.Химия),1985.

14. Н.Н.Литовченко, А.С. Юдников, Ю.Л. Рыжих. «Метод скоростной электродуговой цементации деталей, работающих в условиях абразивного износа», М., «Труды ГОСНИТИ» том 98., 2006.

15. Стребков С.В., Макаренко А.Н. Технология армирующей наплавки. / Проблемы сельскохозяйственного производства на современном этапе и пути их решения. Материалы V международной научно-производственной конференции. - Белгород, 2001. -С.146.

16. Стребков С. В., Формирование прочностных характеристик рабочего органа при наплавке. Повышение эффективности функционирования механических и энергетических систем/ Стребков С. В., Макаренко А.Н./: Междун. науч. -техн. конф./ (г. Саранск, 27-29 окт. 2004 г.) Сб. науч. тр. МГУ Тип. «Крас. Окт.», 2004. С 190-193.

17. Способ нанесения износостойких покрытий на стальные изделия (патент РФ № 2499077)

18. Титов Н. В. Метод вибродуговой наплавки металлокерамики деталей техники, работающей в условиях абразивного износа / Н. В. Титов, Н. Н. Литовченко, В. Н. Коротков // Труды ГОСНИТИ. 2013.-Т.111. Ч.2.-С. 219-222.

19. Филин А.Н. Методы и способы повышения износостойкости почвообрабатывающих рабочих органов / А.Н. Филин // Геотехническая механика. — 2008. — Вып. 75. — С. 222-228.

20. Фетисов Г. П., Карпман и др. – Материаловедение и технология металлов, М., Высшая школа, 2002.

21. Черноиванов В.И. Сельскохозяйственная техника: Каталог / В.И. Черноиванов. — М., 1991. — т. 1. — 364 с.

22. Черноиванов В. И. Организация и технология восстановления деталей машин / В. И. Черноиванов, В. П. Лялякин.- 2-е изд., доп. и перераб. - М.: ГОСНИТИ, 2003. - 488 с

23. Ю.Л.Рыжих, В.В.Коршунов, А.С.Юдников, В.Н.Саковцева. «Методы скоростной электродуговой цементации и экзотермического металлоплакирования, при упрочнении и восстановлении деталей», М., «Ремонт, восстановление, модернизация» №2., 2008.

24. Ю.Л.Рыжих, А.С. Юдников. «Метод скоростной электродуговой цементации деталей», М. «Техника в сельском хозяйстве», №1, 2007.

25. Ю.Л.Рыжих, А.С. Юдников. «Электродуговое скоростное упрочнение деталей землеобработывающей техники», М., «МТС», РИО ГОСНИТИ., 09.2006.

26. Усков В. П. Справочник по ремонту базовых деталей двигателей / В. П. Усков. -Брянск, 1998. -589 с.

27. Харитонов Л. Г. Определение микротвердости / Л.Г. Харитонов. -М.: Металлургия, 1967.-47 с.

28. Щербаков Ю. В. Современные способы восстановления деталей машин / Ю. В. Щербаков. -Пермь, 1991.-78 с.

29. Булгариев Г.Г. Методические указания по экономическому обоснованию дипломных проектов и выпускных квалификационных работ Г.Г. Булгариев, Р.К Абдрахманов, А.Р. Валиев// -Казань, 2009. - 64 с.

30. Володин В.Я. Создаем современные сварочные аппараты, 2008. -304 с

31. Юхин Н.А. Механизированная дуговая сварка плавящимся электродом в защитных газах, 2002г.-85 с.

